

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

**“REDISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MÁQUINA RECTIFICADORA
DE SUPERFICIES PLANAS PARA LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA
EMPRESA RECTIFICADORA PAZMIÑO S.A.”**

AUTORES:

ELIAS DAVID BUÑAY VELASCO
Y
DIEGO RODRIGO PAZMIÑO FLORES

DIRECTOR:

ING. MILTON JAMI

QUITO, FEBRERO DE 2012

Certifico que el presente
trabajo de Tesis ha sido
realizado en forma total
por los Señores:

Elías David Buñay Velasco
Diego Rodrigo Pazmiño Flores

Ing. Milton Jami
DIRECTOR DE TESIS

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Quito, 10 de febrero de 2012

Elías David Buñay Velasco

C.I. 171550147-2

Diego Rodrigo Pazmiño Flores

C.I. 171830017-9

DEDICATORIAS

A mis padres, Elías Buñay y Bertha Velasco por el apoyo brindado durante toda mi etapa estudiantil, al demostrar a través de sus actos y enseñanzas que una persona puede superarse diariamente y conseguir mediante un trabajo digno y responsable todo lo que se proponga en la vida.

Elías David Buñay Velasco

A Dios por ser el amigo incondicional, a mis padres por ser el pilar de esta meta alcanzada y a mi esposa por transformar esos días de fatiga y cansancio en rayos de esperanza y alegría ya que únicamente el que persevera, alcanza; no importa el tiempo, el lugar o el espacio.

Diego Rodrigo Pazmiño Flores

AGRADECIMIENTOS

De todo corazón agradezco a mis familiares, maestros y compañeros de aula, ya que con su desinteresado apoyo me han sabido acompañar durante toda mi vida universitaria, tanto en momentos de tristeza como de satisfacción, gracias por la palabra justa y el buen consejo, por las experiencias compartidas y sobre todo por esa amistad que permanecerá por siempre de manera incondicional.

Elías David Buñay Velasco

A Dios, mis padres, mi familia y mis hijas ya que gracias al esfuerzo, el sacrificio y su respaldo incondicional, culmino con esta etapa primordial para el desenvolvimiento profesional, brindando seguridad y un futuro próspero.

Diego Rodrigo Pazmiño Flores

ÍNDICE GENERAL

PÁG.

PLAN DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

A. Resumen.	1
B. Tema.	3
C. Planteamiento del problema.	3
D. Justificación.	7
E. Objetivo general.	8
F. Objetivos específicos.	8
G. Hipótesis.	8
H. Alcance del proyecto.	9
I. Metodología.	10

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Introducción a máquinas rectificadoras.	11
1.1.1 Principio de operación.	12
1.1.2 Muelas de abrasión.	12
1.2 Estudio de viabilidad del proyecto.	14
1.2.1 Máquinas semejantes.	14
1.2.1.1 Rectificadoras sin centros.	14
1.2.1.2 Rectificadoras especiales.	15
1.2.1.3 Rectificadoras universales.	16
1.3 Selección de alternativas.	16
1.3.1 Costo.	16
1.3.2 Capacidad.	16
1.3.3 Tamaño.	17
1.3.4 Calidad.	17
1.3.5 Construcción.	17
1.3.6 Operatividad.	17

1.3.7	Iluminación.	19
1.3.8	Limpieza.	19
1.3.9	Ubicación.	19
1.4	Alcance técnico.	20

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Rectificadora plana Zanrosso ESA 10.	21
2.1.1	Características técnicas.	22
2.2	Fundamentos de tornillos de potencia.	23
2.2.1	Par torsional para mover una carga.	26
2.2.2	Consideraciones de esfuerzos.	27
2.3	Fundamentos de turbo máquinas.	28
2.3.1	Curvas características y puntos de operación de los sistemas de bombeo.	28
2.3.2	Curvas características del funcionamiento de la bomba.	28
2.3.3	Curvas características de la eficiencia de la bomba.	29
2.3.4	Curvas características del sistema de bombeo.	29
2.3.5	Pérdidas de carga de un sistema de bombeo.	31
2.3.5.1	Pérdidas mayores de carga.	31
2.3.5.2	Pérdidas menores de carga.	31
2.3.6	Punto de operación de un sistema de bombeo.	31
2.4	Fundamentos de conformación por moldeo.	33
2.4.1	Técnicas de moldeo.	33
2.4.2	Moldeo manual en arena.	35
2.4.3	Propiedades de los modelos	35
2.4.4	Dimensionamiento exacto	36
2.4.5	Materiales empleados para la fabricación de modelos	37
2.4.6	Propiedades de las arenas	38
2.4.7	Cajas de moldear.	39
2.4.8	Proceso de moldeo	40
2.5	Fuerza ejercida por un cilindro hidráulico.	42

2.5.1	Cálculo de la fuerza de empuje.	43
-------	---------------------------------	----

CAPÍTULO III

DISEÑO DE COMPONENTES

3.1	Selección de materiales	44
3.1.1	Propiedades acero AISI 4140	44
3.1.2	Propiedades bronce SAE 64	46
3.1.3	Propiedades de la fundición Clase 40	47
3.2	Parámetros de mejora de la máquina.	48
3.2.1	Características y diseño del eje principal del husillo.	49
3.2.1.1	Cálculos.	49
3.2.1.1.1	Determinaciones de la profundidad de la rosca, ancho, diámetro de paso, diámetro menor y avance.	51
3.2.1.1.2	Cálculo del par de torsión necesario para bajar y elevar la carga.	52
3.2.1.1.3	Eficiencia global al elevar la carga.	53
3.2.1.1.4	Los esfuerzos de torsión y compresión en el cuerpo.	53
3.2.1.1.5	El esfuerzo de apoyo.	53
3.2.1.1.6	Los esfuerzos flexionantes en la raíz de los hilos, cortante en la raíz y el esfuerzo de Von Mises y el esfuerzo cortante máximo en la misma ubicación.	54
3.2.1.1.7	Esfuerzos en la rosca.	54
3.2.1.1.8	Factor de seguridad esfuerzo normal en la rosca del perno.	55
3.2.1.1.9	Esfuerzo al corte en la rosca del perno.	56
3.2.1.1.10	Factor de seguridad esfuerzo cortante en la rosca del perno	56
3.2.1.1.11	Análisis de auto bloqueo del perno.	56
3.2.2	Características y diseño de la tuerca de desplazamiento.	57
3.2.2.1	Cálculos.	57
3.2.2.1.1	Cálculo de S_y , considerando el material del bronce SAE 64 para el análisis.	58

3.1.2.1.2	Factor de seguridad esfuerzo normal en la rosca de la tuerca.	58
3.1.2.1.3	Factor de seguridad esfuerzo cortante en la rosca de la tuerca.	58
3.2.3	Características y diseño del sistema de refrigeración.	59
3.2.3.1	Datos.	59
3.2.3.2	Cálculos.	61
3.2.3.2.1	Aplicando la ecuación de la energía (Bernoulli)	61
3.2.3.2.2	Desarrollo de la curva del sistema.	65
3.2.3.2.3	Determinación del punto de operación.	66
3.2.4	Características y conformado del plato porta-herramientas.	67
3.2.4.1	Fuerza ejercida por el cilindro hidráulico de la mesa.	71
3.2.4.1.1	Datos.	71
3.2.4.1.2	Cálculos.	71
3.2.4.1.2.1	Fuerza de avance.	72
3.2.4.1.2.2	Fuerza de retroceso.	72

CAPÍTULO IV

PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN

4.1	Construcción y ensamble.	73
4.1.1	Construcción de elementos mecanizados.	73
4.1.1.1	Operaciones para el perno principal.	74
4.1.1.2	Operaciones para la tuerca motriz.	74
4.1.2	Ensamble de elementos e insumos.	75
4.1.2.1	Ensamble de perno principal y tuerca motriz.	75
4.1.2.2	Guías y velocidad de avance de la mesa principal.	76

CAPÍTULO V

COSTOS DE FABRICACIÓN

5.1	Costos de insumos.	77
5.2	Costo de materiales.	78

5.3	Costos de mecanizado y mano de obra.	78
5.4	Costos indirectos.	79
5.5	Costo administrativo.	79
5.6	Costo total del proyecto.	80

CAPÍTULO VI

PROTOCOLO DE PRUEBAS

6.1	Pruebas de apariencia.	81
6.2	Pruebas de funcionamiento.	82
6.3	Pruebas dimensionales.	83

CAPÍTULO VII

OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y LUBRICACIÓN DE MÁQUINA

7.1	Rectificadora de superficies planas, manual de operación.	84
7.1.1	Equipamiento estándar.	84
7.1.2	Equipo recomendado.	85
7.1.3	Sistema de control.	85
7.2	Lista de partes.	88
7.3	Lubricación.	90
7.3.1	Guías del cabezal y tornillo.	90
7.3.2	Guías de bancada.	90
7.3.3	Rodamiento del cabezal de abrasión.	90
7.3.4	Unidad hidráulica.	90
7.3.5	Refrigerante.	90
7.4	Funcionamiento y características.	91
7.4.1	Sistema hidráulico.	91
7.4.2	Mesa transversal.	91
7.4.3	Sistema de enfriamiento.	91
7.5	Mantenimiento preventivo.	92
7.5.1	Identificación de controles y componentes.	92

7.5.2	Estado actual de la máquina.	94
7.5.3	Recomendaciones antes de uso.	94
7.6	Instrucciones de lubricación.	95
7.6.1	Lubricación diaria.	95
7.6.1.1	Guías cabezales (A1).	95
7.6.2	Lubricación semanal.	95
7.6.2.1	Guías mesa base (B1).	95
7.6.3	Lubricación mensual.	96
7.6.3.1	Cojinete de bolas (C1).	96
7.6.3.2	Tornillo cabezal (C2).	96
7.6.4	Lubricación más de 1 Año.	97
7.6.4.1	Unidad hidráulica (D1).	97
7.6.4.2	Refrigerante (D2).	97
7.7	Características de uso.	99
7.7.1	Sistema hidráulico	99
7.8	Manejo de blocks de aluminio y hierro.	100
7.8.1	Aluminio.	100
7.8.2	Hierro.	100
7.9	Mejoramiento del rendimiento de piedra.	100
	Conclusiones.	101
	Recomendaciones.	102
	Terminología	103
	Bibliografía.	105
	Cronograma de actividades.	107

ANEXOS

Velocidades de corte y avance para mecanizados en acero con herramientas de acero rápido.	108
Velocidades de corte y avance para operaciones de fresado.	108
Velocidades de corte y avance para operaciones de taladrado.	109
Propiedades mecánicas del acero AISI 4140.	110

Composición química de aleaciones de bronce SAE/AISI.	110
Pérdidas de energía en accesorios comunes.	111
Propiedades físicas del agua.	111
Rugosidad de conductos.	112
Tolerancias geométricas.	112
Estados superficiales, rugosidades.	113
Lubricantes recomendados.	114

REGISTROS DE PROTOCOLO DE PRUEBAS

FASES DE TRABAJO

PLANOS GENERALES

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁG.
Fig. A. Rectificadora plana Zanrosso ESA 10.	2
Fig. B. Tablero eléctrico.	4
Fig. C. Sistema de lubricación.	4
Fig. D. Tuerca motriz del cabezal.	5
Fig. E. Panel de velocidades.	5
Fig. F. Mesa guía.	5
Fig. G. Cadenas de sujeción del cabezal.	6
Fig. H. Protectores de laterales.	6
Fig. 1.1 Principios de trabajo de una rectificadora plana.	12
Fig. 1.2 Muelas abrasivas.	13
Fig. 1.3 Rectificadora sin centros.	14
Fig. 1.4 Rectificadora especial.	15
Fig. 1.5 Rectificadora universal.	16
Fig. 2.1 Tornillo de potencia con tuerca.	23
Fig. 2.2 Tuerca combinada.	23
Fig. 2.3 Aplicación para el levantamiento de pesos.	24
Fig. 2.4 Aplicación para el posicionamiento.	24
Fig. 2.5 Tipo de roscas para tornillos de potencia.	25
Fig. 2.6 Fuerza ejercida hacia arriba del plano.	26
Fig. 2.7 Fuerza ejercida hacia abajo del plano.	26
Fig. 2.8 Curva de funcionamiento de una bomba.	28
Fig. 2.9 Curva de eficiencia de una bomba centrífuga.	29
Fig. 2.10 Curva característica de un sistema de bombeo.	30
Fig. 2.11 Punto de operación de sistema de bombeo.	32
Fig. 2.12 Fabricación por conformado.	33
Fig. 2.13 Cajas de moldear.	39
Fig. 2.13 Diseño de moldeado.	41
Fig. 2.15 Cilindro hidráulico típico.	42

Fig. 2.16 Carrera de empuje en cilindro hidráulico.	43
Fig. 2.17 Carrera de retracción en cilindro hidráulico.	43
Fig. 2.18 Presión ejercida en cilindro hidráulico.	43
Fig. 3.1 Eje principal.	49
Fig. 3.2 Cargas actuantes en el perno.	50
Fig. 3.3 Tuerca motriz.	57
Fig. 3.4 Diagrama de bombeo del refrigerante.	60
Fig. 3.5 Diagrama de Moody.	63
Fig. 3.6 Curva del sistema.	65
Fig. 3.7 Punto de operación.	66
Fig. 3.8 Plato porta-herramientas.	67
Fig. 3.9 Matriz perlítica.	68
Fig. 3.10 Microestructura esteatita.	68
Fig. 4.1 Circuito hidráulico de movilidad.	76
Fig. 7.1 Dimensiones de máquina.	84
Fig. 7.2 Sistema de control de máquina.	85
Fig. 7.3 Volante del cabezal.	87
Fig. 7.4 Partes de máquina.	88
Fig. 7.5 Unidad hidráulica de máquina .	88
Fig. 7.6 Sistema de enfriamiento de máquina.	91
Fig. 7.7 Accionamientos principales.	92
Fig. 7.8 Accionamientos del cabezal (detalle).	92
Fig. 7.9 Switch de mando.	93
Fig. 7.10 Guías cabezales.	95
Fig. 7.11 Guías mesa base.	95
Fig. 7.12 Unidad hidráulica.	97
Fig. 7.13 Depósito del refrigerante	97

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁG.
Tabla A. Características generales de máquina.	2
Tabla 1.1 Estudio de alternativas.	18
Tabla 2.1 Características técnicas de máquina.	22
Tabla 2.2 Componentes de las arenas de moldeo.	35
Tabla 3.1 Selección del material para rediseños.	44
Tabla 3.2 Propiedades acero AISI 4140	45
Tabla 3.3 Propiedades bronce SAE 64	46
Tabla 3.4 Propiedades químico - mecánicas fundición Clase 40	47
Tabla 3.5 Coeficientes de fricción para pares roscados.	51
Tabla 3.6 Valores para la cabeza de la bomba.	65
Tabla 3.7 Características moto bomba Miche.	66
Tabla 5.1 Costo de insumos.	77
Tabla 5.2 Costo de materiales.	78
Tabla 5.3 Costos de mecanizado y mano de obra	78
Tabla 5.4 Costos indirectos.	79
Tabla 5.5 Costo administrativo	79
Tabla 5.6 Costo total del proyecto.	80
Tabla 7.1 Controles y componentes de máquina.	93

PLAN DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

A. RESUMEN.

La Rectificadora Pazmiño S.A. es una empresa industrial-automotriz fundada en 1980 dedicada principalmente a la rectificación de partes de motores de combustión interna, comercialización de repuestos de motores a diesel y gasolina y recuperación por metalización de partes y piezas de equipos petroleros e industriales.

Desde su fundación Rectificadora Pazmiño ha tenido un crecimiento sostenido y en los últimos 18 años se ha convertido en uno de los principales protagonistas del mercado ecuatoriano de rectificación de motores de camiones pesados, tractores, autobuses urbanos, vehículos livianos, piezas petroleras e industriales en general.

Sus actividades cubren los requerimientos del sector automotriz pesado y liviano, petrolero, agrícola, caminero, de la construcción; de la industria textil y de otras industrias que utilizan maquinaria que requiere recuperación de piezas mecánicas.

El presente proyecto contempla justificar mediante un estudio de alternativas el rediseño y puesta en marcha de una Máquina Rectificadora de Superficies Planas, Marca *Zanrosso ESA 10* ubicada en planta, la cual por diferentes factores técnicos se encuentra fuera de servicio; para aquello se identificarán los problemas puntuales del dispositivo, y las mejoras técnicas al que será sometido para su óptimo funcionamiento. Además el presente proyecto incluye el desarrollo del respectivo plan de mantenimiento del dispositivo, así como su manual de operación.

La máquina rectificadora de superficies planas de origen brasileño (Fig. A) tiene las siguientes características generales:

ZANROSSO ESA 10	
Motor	Asíncrono de Tres Fases
HP	1,5
rpm	700 -1400
Voltaje	220 -380
Amperios	8,4 - 10,5
Carrera	3550mm
Altura Máxima	700mm
Diámetro del Disco	350mm

TABLA A. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE MÁQUINA



FIG. A. RECTIFICADORA PLANA ZANROSSO ESA10

B. TEMA.

“REDISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MÁQUINA RECTIFICADORA DE SUPERFICIES PLANAS PARA LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA RECTIFICADORA PAZMIÑO S.A.”

C. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la planta de producción de la Empresa Rectificadora Pazmiño S.A. existe una máquina rectificadora de superficies planas de marca *Zanrosso ESA 10*, importada originalmente de segunda mano, la cual se encuentra en mal estado debido al uso continuo, recalentamiento de las piedras de abrasión, refrigeración inexistente por falla en la bomba de enfriamiento y la falta de mantenimiento preventivo, dicha máquina es una herramienta indispensable para el desarrollo de las tareas productivas, para lo cual la Empresa Rectificadora Pazmiño S.A. se ha visto en la necesidad de analizar la rehabilitación operacional de dicho dispositivo mediante un rediseño de los elementos defectuosos, justificando este trabajo a través de un estudio de alternativas adecuado, que contempla analizar factores indispensables para la empresa tales como el costo, la capacidad, el tamaño, la calidad obtenida, la posibilidad de construcción y adaptación de partes, la operatividad, etc., aspectos que serán justificados en detalle mediante un sistema de valoración.

Luego de la inspección realizada se identificó los principales problemas técnicos de la máquina, así como las oportunidades de mejora en el rediseño que se detalla a continuación:

1. El Sistema Eléctrico (Fig. B.) presenta fallas que impiden el funcionamiento normal de la máquina. Tales como:

- Caja sin protección.
- Fusibles en mal estado.
- Cables deteriorados, etc.

Partes que serán sometidas a mantenimiento correctivo para su óptimo funcionamiento.



FIG. B. TABLERO ELÉCTRICO

2. El Sistema de Lubricación (Fig. C.) no funciona, por lo que los elementos constitutivos de la máquina se encuentran endurecidos; por lo tanto se realizará la limpieza de guías y lubricación de partes.



FIG. C. SISTEMA DE LUBRICACIÓN

3. El tornillo y tuerca motriz del cabezal (Fig. D.) están aislados y deteriorados debido al uso constante y lubricación deficiente; por lo que deberán rediseñarse y fabricarse nuevamente.



FIG. D. TUERCA MOTRIZ DEL CABEZAL

4. El panel de velocidades (Fig. E.) de la mesa requiere mantenimiento preventivo, ya que a causa del mal estado, no ubica las posiciones exactas a la mesa de maquinado.



FIG. E. PANEL DE VELOCIDADES

5. La mesa guía (Fig. F.) de la máquina tiene movimiento defectuoso, por lo que requiere de mantenimiento correctivo en sus acoples de desplazamiento.



FIG. F. MESA GUÍA

6. Debido al desgaste, las cadenas que sujetan al cabezal (Fig. G.) y al contrapeso, deben someterse a un mantenimiento preventivo para asegurar las condiciones óptimas de trabajo.



FIG. G. CADENAS DE SUJECCIÓN DEL CABEZAL

7. Los protectores laterales (Fig. H.) no sirven ya que se encuentran en mal estado, por lo que serán sustituidos.



FIG. H. PROTECTORES LATERALES

Dichas partes y sistemas mencionados serán mejorados con el fin de obtener un mayor rendimiento de la máquina; el dispositivo generará facilidad de operación y ahorro de tiempo en la rectificación de superficies planas. Además se implementará un rediseño a la máquina al desarrollar lo siguiente:

- a. El Sistema de Refrigeración no se encuentra operativo por lo que se implementará uno de acuerdo a la necesidad; esto servirá para enfriar las piezas evitando el empastamiento del material en la piedra, obteniendo una mayor duración.
- b. Adaptar un nuevo sistema de cuchillas al plato de muelas para un mejor acabado en el maquinado de blocks; esta adaptación constituye una opción adicional al sistema de muelas abrasivas, aliviando de ésta forma su carga de trabajo.

Las bombas de aceite, motores, velocidades de giro del cabezal y la estructura de la máquina rectificadora de superficies planas se encuentran en buen estado.

D. JUSTIFICACIÓN.

El rediseño del dispositivo rectificador permitirá el óptimo funcionamiento del cabezal de trabajo, para bajar y subir el disco de piedras con mayor facilidad a la posición requerida y rectificar; garantizará la duración del disco de piedras al momento de disponer de un sistema de refrigeración nuevo y eliminará el empastamiento del material en el disco de piedras al momento de construir un *Porta-Herramientas* para cuchillas, permitiendo un mejor acabado en las superficies mecanizadas. El manual de operación le permitirá al operador conocer el funcionamiento de la máquina además de los puntos críticos de la misma, adelantarse a posibles paros de trabajo y de guía para nuevos usuarios.

E. OBJETIVO GENERAL.

- Rediseñar las partes defectuosas, sustituir y mantener los elementos de máquina, con la finalidad de poner en marcha a la rectificadora de superficies planas Zanrosso ESA 10, para la planta de producción de la Empresa Rectificadora Pazmiño S.A.”

F. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Adaptar un sistema de refrigeración a la máquina que permita enfriar el útil de corte y la pieza a mecanizar, con el fin de evitar el empastamiento para una mayor duración de las piedras.
- Analizar y seleccionar los diferentes tipos de materiales a utilizarse dentro del re-diseño y puesta en marcha del dispositivo.
- Diseñar el plato porta-herramientas de la máquina y ensamblarlo para que permita mecanizar piezas de aluminio y fundición disminuyendo la utilización de las piedras de desbaste.

G. HIPÓTESIS.

- Rediseñar y poner en marcha una máquina rectificadora de superficies planas marca Zanrosso ESA 10 de la Empresa Rectificadora Pazmiño S.A.; desde el período diciembre de 2010 a julio de 2011; utilizando materiales y accesorios de la industria nacional ecuatoriana.

H. ALCANCE DEL PROYECTO.

- Analizar de manera adecuada el desplazamiento del cabezal de trabajo y de las fuerzas actuantes en él, ya que de esta forma se podrá diseñar de acuerdo a los parámetros establecidos el eje guía de movilidad. Para aquello se empezará por las partes fundamentales de diseño como elección del material, tipo de maquinado, etc.
- Diseñar y adaptar un sistema de refrigeración mediante una bomba impulsora de líquido de corte al proceso, con la finalidad de dar una mayor duración de trabajo a las piedras de desbaste; el análisis del comportamiento del sistema, caudal necesario, y tipo de refrigerante serán analizados en el presente trabajo.
- Diseñar y construir un dispositivo adicional de mecanizado como un plato porta-herramientas para operación de desbaste es muy importante ya que le permite a la máquina aliviar el trabajo ejecutado por la muela abrasiva, además que le facilita rápidamente adaptarse a nuevas condiciones de trabajo. La construcción y el diseño correcto de este mecanismo contemplan la elaboración de este proyecto.
- Verificar guías de desplazamiento de la mesa de trabajo será fundamental ya que de esta manera se asegura la perpendicularidad entre la pieza a maquinar y el disco abrasivo; su estado actual y posibles modificaciones serán puestos a consideración.
- Verificar las velocidades de la máquina de acuerdo al tipo de material a trabajar o útil de desbaste implica una revisión minuciosa y sistemática del sistema hidráulico de movilidad, por lo que se asegurará el buen funcionamiento del mismo.

I. METODOLOGÍA.

Para llevar a cabo este Proyecto de Tesis los métodos a utilizarse serán:

- **Deductivo:** Se aplicará leyes y principios generales de mecánica aplicada, hidráulica y ciencia de materiales, hasta llegar a la aplicación puntual del mecanismo.
- **Experimental:** La construcción permitirá comprobar en la práctica el cumplimiento de la hipótesis y objetivos.
- **Bibliográfico:** Mediante catálogos, folletos y manuales para obtener la información requerida.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN A MÁQUINAS RECTIFICADORAS.

La rectificadora es una máquina herramienta, utilizada para conseguir mecanizados de precisión tanto en dimensiones como en acabado superficial, a veces a una operación de rectificado le siguen otras de pulido y *lapeado*. Las piezas que se rectifican son principalmente de acero endurecido mediante tratamiento térmico, utilizando para ellos discos abrasivos robustos, llamados muelas. Las partes de las piezas que se someten a rectificado han sido mecanizadas previamente en otras máquinas herramientas antes de ser endurecidas por tratamiento térmico y se ha dejado solamente un pequeño excedente de material para que la rectificadora lo pueda eliminar con facilidad y precisión.

Las rectificadoras para superficies planas, conocidas como planeadoras y tangenciales son muy sencillas de manejar, porque consisten en un cabezal provisto de la muela y un carro longitudinal que se mueve en forma de vaivén, donde va sujeta la pieza que se rectifica. La pieza muchas veces se sujeta en una plataforma magnética. Las piezas más comunes que se rectifican en estas máquinas son matrices, calzos y ajustes con superficies planas.

En esta máquina, la muela gira a velocidades muy elevadas (rpm). Por el contrario, los esfuerzos de corte son muy inferiores a los del resto de las máquinas. El movimiento del equipo es una combinación de rotación y oscilación lineal, regulada de tal manera que un punto dado de la barra abrasiva no repite la misma trayectoria.

Los riesgos característicos de este tipo de máquinas, se centran fundamentalmente en el hecho de que existe una muela que gira normalmente a gran velocidad y puede romperse. De igual manera, existen otro tipo de riesgos tales como atrapamientos, proyección de partículas, etc.

1.1.1 PRINCIPIO DE OPERACIÓN.

La pieza es sujeta sobre una mesa, mediante un *plato magnético* o mediante dispositivos especiales de inmovilización. La muela está fijada, como regla general entre dos discos en el árbol de la cabeza porta-muela y apretada mediante una tuerca central.

La operación de rectificado (Fig. 1.1) exige para obtener una gran precisión geométrica y dimensional, precauciones particulares por parte del operario (acercamiento de la muela, reglaje de los recorridos, diamantado, modo de empleo de las muelas).



FIG. 1.1 PRINCIPIO DE TRABAJO DE UNA RECTIFICADORA PLANA

1.1.2 MUELAS DE ABRASIÓN.

Las muelas abrasivas (Fig. 1.2) para los equipos de rectificación se fabrican de distintos materiales de acuerdo a las características del trabajo a realizar. Sus componentes elementales son: el material abrasivo o cortante y el medio aglutinante o cemento. Los abrasivos más comúnmente usados pueden dividirse en dos grupos, naturales y artificiales.

Los abrasivos naturales más usados son el cuarzo y el óxido de aluminio. El cuarzo es bióxido de silicio y se encuentra en forma de arena. Tienen una dureza de 6 a 7 en la *Escala de Mohs*.

El óxido de aluminio más común es el conocido por el nombre de esmeril, con una dureza de 6 a 8. Otra calidad más pura de óxido de aluminio es el corindón, de una gran dureza que oscila entre 9 y 9,5. Es el material natural de mayor aplicación en la construcción de muelas.

Los abrasivos artificiales son generalmente obtenidos a base de óxidos de aluminio y carburo de silicio. Son más duros y tenaces que los naturales debido a su mayor pureza. Los carburos de silicio se usan para el trabajo de materiales de poca resistencia a la tracción, como por ejemplo fundiciones de hierro, etc.

Los óxidos de aluminio se usan para el labrado de materiales más tenaces: aceros templados, aceros endurecidos, aceros colados, etc. Ello se debe a que los carburos de silicio, a pesar de ser más duros que los óxidos de aluminio, tienen mayor fragilidad y menos tenacidad que estos. Los materiales aglutinantes usados primitivamente en la construcción de las muelas eran de origen vegetal o sintético; se formaban con cola, resina, laca, celuloide y goma vulcanizada. También se usaron cementos minerales a base de magnesio y silicio¹.

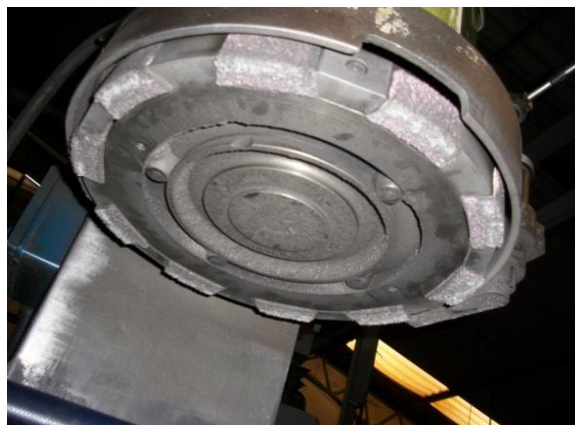


FIG. 1.2 MUELAS ABRASIVAS

¹ Disponible en World Wide Web: < <http://rectificado-222.blogspot.com/2009/09/rectificadora.html> >

1.2 ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL PROYECTO.

En el presente estudio se analizará a continuación las diferentes alternativas de maquinado para partes y piezas de superficies planas, en función de aquello se realizará posteriormente un análisis de alternativas, para verificar mediante condiciones establecidas que el proyecto de rediseño y puesta en marcha sea fiable para su ejecución.

1.2.1 MÁQUINAS SEMEJANTES.

En el mercado nacional se puede optar por varias máquinas para ejecutar trabajos de rectificación de superficies planas, dichas máquinas pueden adaptarse de acuerdo a los requerimientos de las piezas a ser maquinadas, siendo las principales:

1.2.1.1 RECTIFICADORAS SIN CENTROS.



FIG.1.3 RECTIFICADORA SIN CENTROS

La rectificadora sin centros (Fig. 1.3) consta de dos muelas y se utilizan para el rectificado de piezas cilíndricas, como bulones, casquillos, pasadores, etc. Son máquinas que permite automatizar la alimentación de las piezas y por tanto tener un funcionamiento continuo y por tanto la producción de grandes series de la misma pieza. La rectificación sin centros pertenece a los procesos de rectificadora cilíndrica de exteriores. Al contrario de la rectificación entre

centros, la pieza no se sujeta durante la rectificación y por lo tanto no se necesitan un contra-taladro o un mecanismo de fijación en los extremos. En lugar de eso se apoya la pieza con su superficie sobre la platina de soporte y se coloca entre el disco rectificador que gira rápidamente y la platina regulable pequeña que se mueve lentamente. La platina de soporte de la rectificadora (también llamada regla de soporte o regla de dirección) está generalmente posicionada así que el centro del eje de la pieza se encuentra sobre la línea de unión entre los puntos medios del disco regulable y del disco rectificador. Más, la platina de soporte está biselada para sostener la pieza en el disco regulable y el disco rectificador. El disco regulable está hecho de un material blando, por ejemplo una mezcla de caucho que puede tener granos duros para garantizar la fuerza de acople entre la pieza y el disco regulable².

1.2.1.2 RECTIFICADORAS ESPECIALES.



FIG. 1.4 RECTIFICADORA ESPECIAL

Las rectificadoras especiales (Fig. 1.4) son del tipo puente de alta precisión, idónea para el rectificado plano de piezas de gran tamaño y guías. La máquina puede ir equipada con cabezal muela tangencial, universal o ambos³.

² Disponible en World Wide Web: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Rectificadora>>

³ Disponible en World Wide Web: <http://www.metalactual.com/revista/13/maquinaria_rectificadoras.pdf>

1.2.1.3 RECTIFICADORAS UNIVERSALES.



FIG. 1.5 RECTIFICADORA UNIVERSAL

Las rectificadoras universales (Fig. 1.5) son las máquinas de este tipo más versátiles que existen, porque pueden rectificar todo tipo de rectificados en diámetros exteriores de ejes, como en agujeros si se utiliza el cabezal adecuado. Son máquinas de gran envergadura cuyo cabezal porta-muelas tiene un variador de velocidad para adecuarlo a las características de la muela que lleva incorporado y al tipo de pieza que rectifica⁴.

1.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.

En base a las alternativas planteadas, para seleccionar la máquina más acorde a las necesidades de operación se debe tener en cuenta factores como:

1.3.1 COSTO.

Implica el dinero a invertir tanto en materiales, insumos, etc.

1.3.2 CAPACIDAD.

Significa la disponibilidad del dispositivo para adaptarse a los requerimientos de las piezas a mecanizar.

⁴ Disponible en World Wide Web: <<http://rectificado-222.blogspot.com/2009/09/rectificadora.html>>

1.3.3 TAMAÑO.

Abarca los espacios mínimos requeridos para la instalación y puesta en marcha del dispositivo.

1.3.4 CALIDAD.

Se relaciona estrictamente con el resultado final de desbaste y acabado del dispositivo rectificador.

1.3.5 CONSTRUCCIÓN.

Implica la posibilidad de fabricación propia y no la adaptación a los requerimientos.

1.3.6 OPERATIVIDAD.

Significa la practicidad en la implementación del sistema en relación al resultado obtenido.

Con estos parámetros se realizará un estudio de alternativas para tomar una decisión inicial, por lo tanto se realizará un cuadro donde se dará una calificación según la importancia del parámetro.

Los parámetros con mayor puntaje son: el costo y la calidad con un total de 10 puntos, seguido del tamaño, construcción y operatividad todos con 9 puntos y finalmente la capacidad con 8 puntos.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

OPCIÓN	CARACTERÍSTICA	COSTO		CAPACIDAD		TAMAÑO		CALIDAD		CONSTRUCCIÓN		OPERATIVIDAD		CALIF.	
		10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	9	8	TOTAL	
REDISEÑO RECTIFICADORA ZANROSSO		10	100	8	64	10	90	8	80	10	90	8	72	496/6= 82,66	
RECTIFICADORA SIN CENTROS		7	70	7	56	8	72	8	80	7	63	8	72	413/6= 68,83	
RECTIFICADORA ESPECIAL		8	80	8	64	7	63	8	80	7	63	8	72	422/6= 70,33	
RECTIFICADORAS UNIVERSALES		9	90	9	72	7	63	9	90	7	63	9	81	459/6= 76,50	

TABLA 1.1. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Debido a que adquirir una máquina rectificadora universal implicaría mayores costos y baja posibilidad en cuanto a la fabricación y adaptación, se puede concluir que es más factible el rediseño y puesta en marcha de la rectificadora Zanrosso ESA 10.

Debido a que el mecanismo funciona a base de guías de desplazamiento, es importante mantener la lubricación adecuada en los sistemas constitutivos del dispositivo.

Otros aspectos a tomarse en cuenta son:

1.3.7 ILUMINACIÓN:

Es necesario mantener el dispositivo en un lugar donde la iluminación sea homogénea y clara ya que facilita el montaje de la pieza a ser utilizadas.

1.3.8 LIMPIEZA:

Mantener limpio y ordenado el lugar de trabajo es beneficioso para cualquier mecanismo y mucho más para aquellos que necesitan mantener una lubricación constante, por lo que este aspecto será uno de los más prioritarios.

1.3.9 UBICACIÓN:

El dispositivo deberá asentarse en una superficie dura, capaz de contrarrestar y absorber las fuerzas utilizadas en el proceso.

Analizando estos aspectos se puede afirmar que el rediseño y puesta en marcha del dispositivo rectificador de superficies planas es el proyecto más viable a diferencia de las otras alternativas que se presentó anteriormente.

1.4 ALCANCE TÉCNICO.

La presente tesis contempla de manera sistemática, cumplir con las siguientes fases:

- Desarmar la máquina de manera íntegra.
- Identificación de partes en malas y buenas condiciones.
- Selección de materiales.
- Levantamiento de planos y rediseño.
- Construcción de partes nuevas.
- Mantenimiento preventivo.
- Montaje de partes.
- Protocolo de pruebas de la máquina.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 RECTIFICADORA PLANA ZANROSSO ESA 10.

La máquina rectificadora de superficies planas Zanrosso ESA 10, es una máquina herramienta, utilizada para realizar mecanizados por abrasión, con mayor precisión dimensional y menores rugosidades que en el mecanizado por arranque de viruta.

Las piezas que se rectifican son *blocks de motores*, especialmente de aluminio y fundición. Para el rectificado se utilizan discos abrasivos robustos, llamados muelas. El rectificado se aplica luego que la pieza ha sido sometida a otras máquinas herramientas que han quitado las impurezas mayores, dejando solamente un pequeño excedente de material para ser eliminado por la rectificadora de precisión. A veces, a una operación de rectificado le siguen otras de pulido y lapeado.

La rectificadora plana consiste básicamente de un bastidor que contiene una muela giratoria compuesta de granos abrasivos muy duros y resistentes al desgaste y a la rotura. La velocidad de giro de las muelas puede llegar hasta 1400rpm en este caso.

En este tipo de máquinas el cabezal está provisto de una muela y un carro longitudinal que se mueve en forma de vaivén en el que se coloca la pieza a rectificar. También puede colocarse sobre una plataforma magnética.

2.1.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Dentro de las principales características de la máquina *Zanrosso ESA 10*, se puede citar las siguientes:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
DETALLE	MAGNITUD	UNIDAD
Longitud de Mesa	1300	mm
Ancho de Mesa	310	mm
Longitud Máxima de Trazo	1310	mm
Superficie a Tierra	1110 x 320	mm
Velocidad de Alimentación Hidráulica	0 a 5,5	m
Velocidad del Cabezal de Giro	700 - 1400	rpm
Distancia Mínima entre el Cabezal y la Superficie de la Mesa	120	mm
Distancia Máxima entre el Cabezal y la Superficie de la Mesa	700	mm
Distancia entre las Guías de Columnas y la Mesa Central	260	mm
Radio del Cabezal Segmentado	350	mm
Potencia del Motor del Cabezal	5,5 / 1	HP
Potencia de la Bomba Hidráulica	0,75	HP
Potencia de la Bomba Eléctrica	0,2	HP
DIMENSIONES	MAGNITUD	UNIDAD
Longitud	2350	mm
Ancho	1000	mm
Alto	1980	mm
PESO	MAGNITUD	UNIDAD
Sin Empaquetadura	1700	Kg

TABLA 2.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE MÁQUINA

2.2 FUNDAMENTOS DE TORNILLOS DE POTENCIA.

Los tornillos de potencia es una de las formas de materializar un par cinemático helicoidal o de tornillo, constando de dos piezas, un tornillo y una tuerca, entre las cuales existe un movimiento relativo de traslación y rotación simultáneas respecto al mismo eje. Los movimientos de rotación y traslación están relacionados por el paso de rosca del tornillo. Gracias a ello los tornillos de potencia son mecanismos de transmisión capaces de transformar un movimiento de rotación en otro rectilíneo y transmitir potencia. En las imágenes siguientes se muestra un tornillo de potencia (Fig. 2.1) con tuerca de poliuretano y un detalle de una tuerca combinada (Fig. 2.2) con la parte externa de acero y la interna de bronce, para un menor rozamiento.



FIG. 2.1 TORNILLO DE POTENCIA CON TUERCA



FIG. 2.2 TUERCA COMBINADA

Estos dispositivos se suelen emplear en las siguientes aplicaciones:

- Para obtener una ventaja mecánica mayor con el objeto de levantar pesos (Fig. 2.3); como en gatos mecánicos.
- Para ejercer fuerzas de gran magnitud; como en los casos de compactadores o prensas.
- Para obtener un posicionamiento preciso de un movimiento axial (Fig. 2.4); como en el del tornillo de un micrómetro o en el tornillo de avance de un torno.



FIG. 2.3 APLICACIÓN PARA EL LEVANTAMIENTO DE PESOS



FIG. 2.4 APLICACIÓN PARA EL POSICIONAMIENTO

En general los tornillos de potencia son mecanismos irreversibles, de modo que el giro del tornillo hace avanzar la tuerca, pero el desplazamiento de la tuerza es incapaz de hacer girar el tornillo, debido al desfavorable ángulo de transmisión del sistema en este sentido.

Estos tornillos son diferentes a lo que se emplea en uniones atornilladas, ya que en este caso el objetivo fundamental no es la unión de piezas sino la transformación de movimiento y la transmisión de cargas. La forma de la rosca de los elementos engranados es distinta. Los principales tipos de roscas que se emplean en este sistema de transmisión son (Fig. 2.5):

- **Rosca Cuadrada:** En cuanto a fricción por deslizamiento presenta una buena eficiencia, pero baja ventaja mecánica y difícil de maquinar. Elevado costo.
- **Rosca ACME:** Utilizada en las máquinas-herramienta.
- **Rosca Trapezoidal:** Es más sencilla de mecanizar y a menor costo que las roscas cuadradas. Diseñada para resistir cargas en una dirección⁵.

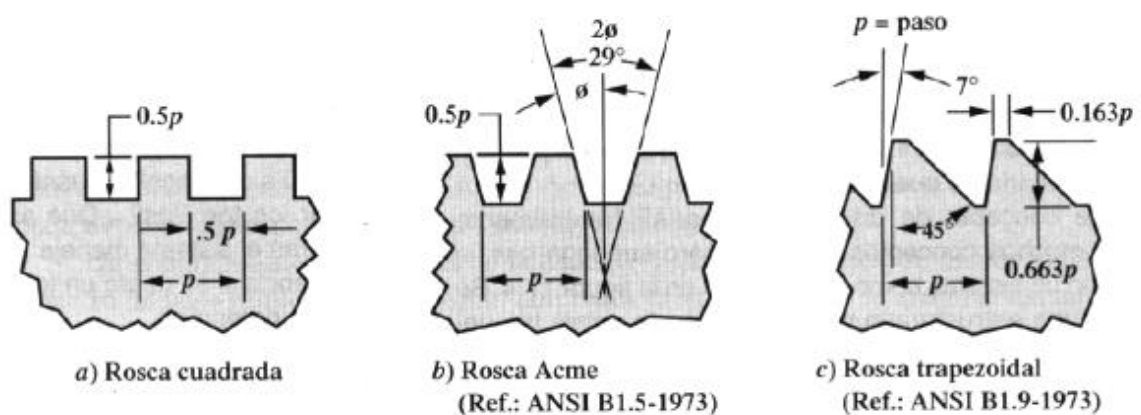


FIG. 2.5 TIPO DE ROSCAS PARA TORNILLOS DE POTENCIA

⁵ Disponible en World Wide Web: < http://www.emc.uji.es/d/mecapedia/tornillo_de_potencia.htm >

2.2.1 PAR TORSIONAL PARA MOVER UNA CARGA.

Cuando se utiliza un tornillo de potencia para ejercer una fuerza, como cuando un gato sube una carga, se necesita conocer cuanto el par torsional se debe aplicar a la tuerca del tornillo, para mover la carga. Los parámetros que intervienen son la carga a mover, el tamaño de la rosca representado por el diámetro de paso, el avance del tornillo y el coeficiente de fricción. El avance se define como la distancia axial que mueve el tornillo en una revolución completa. Para el caso de un tornillo de filete sencillo, el avance es igual al paso.

La (Fig. 2.6) representa una carga que se empuja por un plano inclinado cuesta arriba, contra la fuerza de fricción. Esta es la representación razonable para una rosca cuadrada.

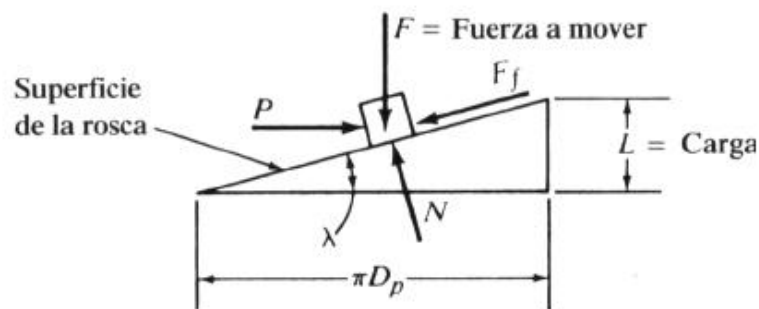


FIG. 2.6 FUERZA EJERCIDA HACIA ARRIBA DEL PLANO

Por el contrario, si la rotación del tornillo tiende a bajar la carga, la fuerza de fricción actuará cuesta arriba, como se puede ver en la (Fig. 2.7), el par torsional para descender la carga es:

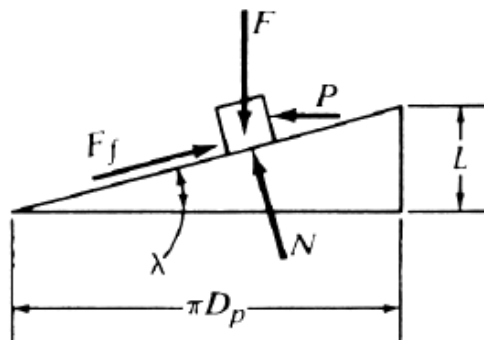


FIG. 2.7 FUERZA EJERCIDA HACIA ABAJO DEL PLANO

Si la rosca es inclinada, es decir, si tiene un gran ángulo de avance, puede ser que la fuerza de *fricción* no supere la tendencia de la carga a deslizarse hacia abajo por el plano, y la carga bajará debido a la gravedad. Sin embargo en la mayoría de tornillos, el ángulo de avance es bastante pequeño, y la fuerza de fricción es suficientemente grande para oponerse a la carga y evitar que se resbale por el plano, a esa rosca se denomina auto bloqueante⁶.

2.2.2 CONSIDERACIONES DE ESFUERZOS.

Los esfuerzos que se analizan dentro del diseño de tornillos de potencia están:

- Presión por aplastamiento.
- Esfuerzo por pandeo.
- Esfuerzo de corte o flexión de la rosca.
- Esfuerzo de tracción/compresión del cuerpo.
- Esfuerzo combinado en el cuerpo.
- Velocidad crítica de descenso.

⁶ Disponible en World Wide Web:

<<http://www.fing.edu.uy/iimpi/academica/grado/elementmaq/teorico/TornilloDePotencia2007.PDF>>

2.3 EL APARATO DIVISOR UNIVERSAL.

Los divisores son dispositivos especiales utilizados para obtener divisiones igualmente espaciadas en la periferia de las piezas, tales como engranajes, piñones, ruedas dentadas, cremalleras entre otros; como se observa en la (Fig. 2.8)



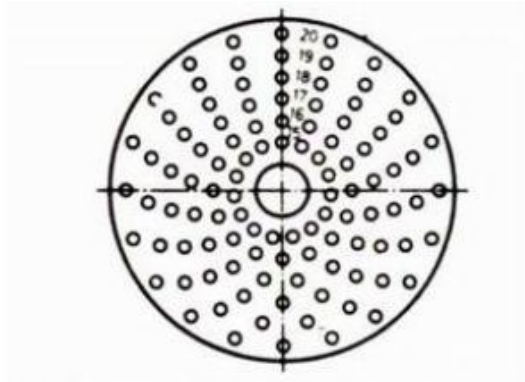
FIG. 2.8 DIVISOR UNIVERSAL

Estos aparatos llevan en el eje del tornillo sin fin una manivela, que puede variar su radio, para hacer coincidir el compás de la misma con el círculo de agujeros deseado, de los varios que tiene un plato o disco fijo al cabezal. Los platos de agujeros suelen ser intercambiables y cada uno de ellos lleva varios círculos de agujeros.

Los discos de agujeros son intercambiables. Tienen por lo general de 6 a 8 circunferencias concéntricas de agujeros con diferentes números de agujeros (Fig. 2.9). Dentro de cada circunferencia las distancias entre agujeros son iguales. La división se facilita mediante la utilización de una tijera de división, ya que con ella se ahorra tiempo a recontar agujeros y evita equivocaciones.⁷

⁷ Disponible en World Wide Web:

< <http://www.monografias.com/trabajos35/cabecal-divisor-fresadora/cabecal-divisor-fresadora.shtml> >



Discos o platos comunes:

Nº 1: 15 – 16- 17 – 18 -19 – 20

Nº 2: 21 – 23 – 27 – 29 – 31 – 33

Nº 3: 37 – 39 – 41 – 43 – 47 – 49

FIG. 2.9 DISCO DE AGUJEROS RECAMBIABLE

2.3.1 APARATO DIVISOR CON TORNILLO SIN FIN.

Este aparato obtiene su movimiento angular del eje porta pieza, mediante un sistema tornillo sinfín y rueda helicoidal. El tornillo sin fin suele ser de una sola entrada, pero puede ser de dos o más. Cada aparato divisor tiene su propia constante, que no es más que la relación entre el número de dientes de la rueda helicoidal y el número de entradas del tornillo sinfín, y se representa con la letra K.

$$K = \frac{Z_1}{Z_2}$$

Donde:

Z_1 = Número de dientes de la rueda helicoidal.

Z_2 = Número de entradas del tornillo sinfín.

Como consecuencia de esta relación se deduce que la constante del divisor es igual al número de vueltas que se ha de dar a la manivela para que el eje porta piezas gire una vuelta completa sobre sí mismo. Usualmente la constante del

divisor es $K=40$, sin embargo existen aparatos divisores con una constante de 30, 60, 80, 100 ó 120.

2.3.2 DIVISIÓN INDIRECTA.

Para realizar el cálculo de la división, la fórmula general es:

$$V.M. = \frac{K}{Z}$$

Donde:

V.M.= Vueltas y fracción de vueltas de la manivela.

K= Constante del divisor.

Z= Número de divisiones a ejecutar.

Si al realizar el cálculo de la división el resultado obtenido para V.M. es un número entero, entonces el numero de vueltas a dar a la manivela del divisor son ese número de vueltas completas, es decir el compas vuelve al mismo punto después de darle esa cantidad de vueltas.

Cuando al calcular el número de vueltas el resultado arrojado no es un número entero, toca mirar cuantas vueltas completas y la fracción de vuelta a dar para dar la división. En este caso se debe observar si la fracción obtenida es propia o impropia (propia cuando el numerado es menor que el denominador, e impropia cuando el numerador es mayor que el denominador)⁸

Por ejemplo para calcular el número de vueltas de la manivela para construir un piñón de 23 dientes, con un divisor cuya constante es $K= 40$; se tiene:

⁸ Disponible en World Wide Web:

< <http://www.udb.edu.sv/Academia/Laboratorios/mecanica/PF/Guia%20Practica%2010%20II-2007.pdf> >

$$V.M. = \frac{K}{Z}$$

$$V.M. = \frac{40}{23}$$

Al hacer la división sobra un residuo (para este caso igual a 17), por lo tanto se puede formar un quebrado mixto así:

$$V.M. = 1\frac{17}{23}$$

Después de obtener el número mixto, entonces cada valor se usaría así para el divisor:

- El numero entero (1) es el número de vueltas completas de la manivela.
- El numerador (17) indica el número de agujeros que hay que correr la manivela (fracción de vueltas).
- El denominador (23) indica el círculo de agujeros que se debe elegir en el disco.

2.4 FUNDAMENTOS DE TURBO MÁQUINAS.

2.4.1 CURVAS CARACTERÍSTICAS Y PUNTOS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO.

Un sistema de bombeo se caracteriza por un conjunto de curvas que describen el comportamiento durante su operación. Estas curvas se denominan curvas características. Todas estas curvas se trazan en función del caudal y a una velocidad de giro constante.

2.4.2 CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA.

La curva de funcionamiento de una bomba (Fig. 2.10) es una gráfica que muestra la altura total desarrollada por la bomba en función del caudal entregado por la misma, a una velocidad de giro constante. La altura total entregada por la bomba disminuye a medida que el caudal aumenta (la curva característica de la bomba se encuentra dada directamente por el fabricante)

El cálculo de la altura total entregada por la bomba requiere que se aplique el *teorema de Bernoulli* entre la succión (entrada) y la descarga (salida) de la bomba. Por ejemplo en el gráfico se puede observar que para 18[L/s] de caudal, la altura desarrollada por la bomba será prácticamente 0 (cero).

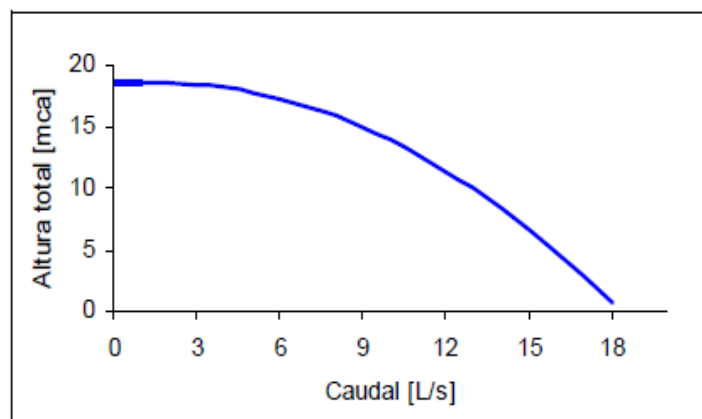


FIG. 2.10 CURVA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA BOMBA

2.4.3 CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LA EFICIENCIA DE LA BOMBA.

La eficiencia de la bomba (Fig. 2.11) es otra curva característica de un sistema de bombeo que se traza en función del caudal a una velocidad de giro constante. La eficiencia de una bomba es la relación entre la potencia hidráulica agregada por la bomba al fluido y la potencia eléctrica consumida por el motor.

El valor de la eficiencia es cero cuando el caudal es cero. A medida que el caudal aumenta, la eficiencia aumenta hasta el caudal máximo, denominado punto de máximo rendimiento. A partir de este punto, cuando aumenta el caudal, la eficiencia disminuye. Por ejemplo en el gráfico se puede observar que para 9 [L/s] de caudal, se obtiene una eficiencia de alrededor del 50% en la bomba.

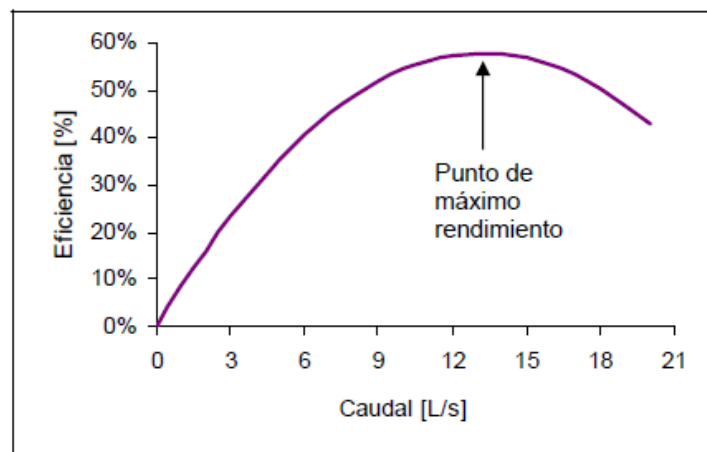


FIG. 2.11 CURVA DE EFICIENCIA DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA

2.4.4 CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE BOMBEO.

La curva característica de un sistema de bombeo (Fig. 2.12) es una gráfica que muestra la altura de bombeo requerida en función del caudal a una velocidad de giro constante. La altura de bombeo requerida por el sistema es igual a la elevación que la bomba le debe proporcionar al fluido más la pérdida total de carga en todo el sistema. La obtención de la curva característica de un sistema de bombeo puede hacerse de varias formas. Una de ellas consiste en

variar el caudal que circula por el sistema variando el porcentaje de apertura de una válvula en la línea de descarga. En este caso se debe calcular la altura requerida para cada valor de caudal, sumando las pérdidas totales en el sistema con la elevación que la bomba le debe dar al fluido. Otra forma de obtener la curva de un sistema es variando las revoluciones del motor. Este método requiere que se conozca el punto de operación a una velocidad de giro dada. Para obtener la curva, se comienza a operar el sistema en el punto de operación que se conoce. Las siguientes mediciones se toman con el sistema operando igual, excepto que se va disminuyendo la velocidad de giro del motor. Ahora, se debe calcular la altura total agregada por la bomba al fluido, y se debe medir el caudal para cada velocidad de giro. Los valores de caudal y las alturas desarrolladas por la bomba se grafican y ésta es la curva del sistema.

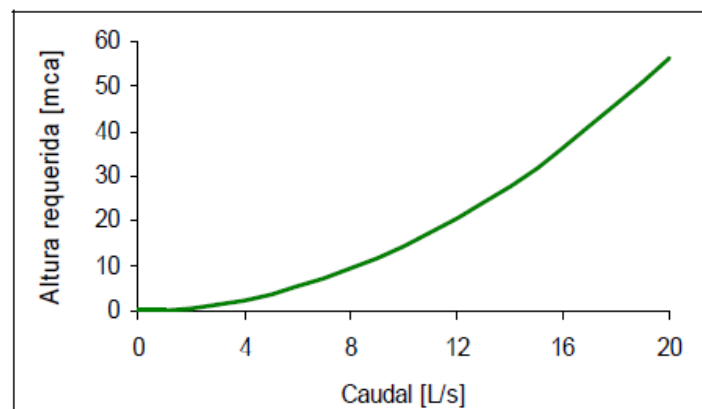


FIG. 2.12 CURVA CARACTERÍSTICA DE UN SISTEMA DE BOMBEO

La curva característica típica de un sistema de bombeo, donde la elevación que la bomba le debe dar al fluido es cero, se muestra en la figura 2.12. En este caso cuando el caudal es igual a cero, la altura de bombeo requerida por el sistema también es cero. Cuando la bomba le debe proporcionar al fluido cierta elevación, la curva característica del sistema empieza en ese valor de altura, es decir, cuando el caudal es cero, la altura de bombeo requerida es igual a dicha elevación. La altura de bombeo requerida por el sistema aumenta a medida que el caudal aumenta⁹.

⁹ Disponible en World Wide Web:

< <http://www.monografias.com/trabajos36/bombas-centrifugas/bombas-centrifugas2.shtml> >

2.4.5 PERDIDAS DE CARGA EN UN SISTEMA DE BOMBEO.

La pérdida total de carga en un sistema de bombeo es la suma de las pérdidas mayores y las pérdidas menores.

2.4.5.1 PERDIDAS MAYORES DE CARGA.

El contacto del fluido con la tubería, el rozamiento entre las capas del fluido en el régimen laminar y el rozamiento de las partículas del fluido entre sí en el régimen turbulento, origina pérdidas de energía hidráulica denominadas pérdidas mayores o pérdidas en tramo recto. Las pérdidas mayores en una tubería son función del *factor de fricción*, además de el *número de Reynolds*, la longitud y el diámetro de la misma, así como la velocidad del fluido, la *viscosidad cinemática* y *viscosidad dinámica*.

2.4.5.2 PERDIDAS MENORES DE CARGA.

Las pérdidas que se dan en las transiciones de la tubería (restricción, expansión o cambios de dirección de las corrientes del fluido), tales como, codos, válvulas, contracciones, y en general en todos los accesorios de la tubería, se denomina pérdidas menores¹⁰.

2.4.6 PUNTO DE OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO.

El funcionamiento de una bomba es función de sus características y de las características del sistema de bombeo. Para encontrar el punto de operación de una bomba, se debe trazar dos curvas, la altura total entregada por la bomba y la curva característica del sistema. Ambas curvas se deben trazar en función del caudal y a una velocidad de giro constante. El punto de operación es la intersección de estas dos curvas. El caudal y la altura de operación de la

¹⁰ Disponible en World Wide Web:

< http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/InstalacionesIndustriales/Art_Interes/Tema5.pdf >

bomba, se determinan hallando dicha intersección, como se indica a continuación en la (Fig. 2.13):

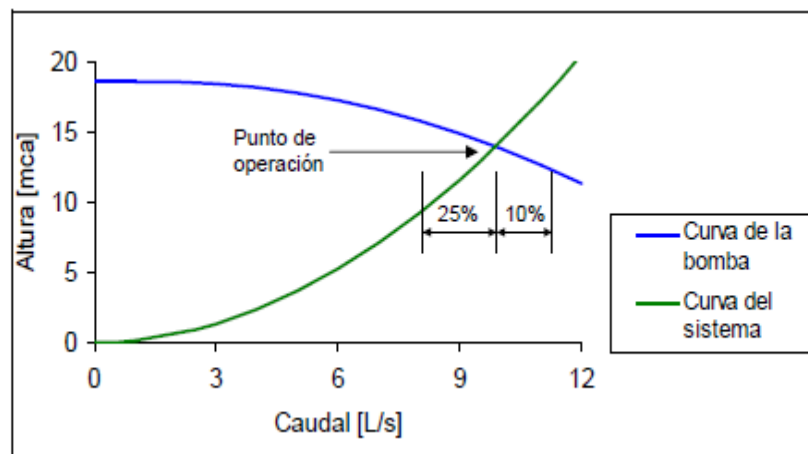


FIG. 2.13 PUNTO DE OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO

El punto de operación de un sistema de bombeo debe estar lo más cercano al punto máximo de rendimiento. Cuando el punto de operación está muy alejado del punto máximo de rendimiento, quiere decir que la bomba seleccionada no es adecuada para las condiciones y características del sistema de bombeo. Además, el sistema debe operarse muy cerca del punto de operación. Las variaciones máximas dentro de un sistema de bombeo no deben disminuirse más de un 25% ni deben incrementarse más de un 10% con respecto al caudal del punto de operación del sistema¹¹.

¹¹ Disponible en World Wide Web:

< <http://www.monografias.com/trabajos36/bombas-centrifugas/bombas-centrifugas2.shtml> >

2.5 FUNDAMENTOS DE CONFORMACIÓN POR MOLDEO.

La fabricación de piezas metálicas de una forma y tamaño definidos, fundiendo un metal o aleación y vertiéndolo en moldes contruidos previamente, es la técnica que se designa con el nombre de conformación por moldeo. Se conoce desde tiempos antiquísimos, pues se conservan piezas fundidas con más de cinco milenios de antigüedad.

Durante muchos siglos el moldeo se llevó a cabo de una manera puramente artesanal, aplicando una serie de reglas que se transmitían de padres a hijos o de maestros a discípulos. Sin embargo, a lo largo del siglo XX esta técnica se fue perfeccionando con el descubrimiento de nuevos métodos cada vez más rápidos, económicos y precisos, que dan lugar a la fabricación de toda clase de piezas: grifos, herrajes, cojinetes, tuercas, turbinas, émbolos, etc.

2.5.1 TÉCNICAS DE MOLDEO.

El moldeo (también conocido como fundición o colada) es un procedimiento de fabricación por conformado (Fig. 2.14) que permite dar forma a muchos materiales y obtener piezas acabadas.



FIG. 2.14 FABRICACIÓN POR CONFORMADO

El colado es una técnica que consiste en calentar el material hasta su punto de fusión y, en ese momento, verterlo en un molde con la forma de la pieza que se pretende obtener.

El moldeo de piezas metálicas, aunque varía según el proceso, debe seguir unas etapas específicas. Una vez que se ha realizado el diseño de la pieza que se desea fabricar, es necesario construir un modelo. Generalmente se elaboran en madera o yeso, de forma totalmente artesanal. A partir del modelo se construye el molde, que puede ser de arena o en coquilla; si la pieza es hueca es preciso fabricar también los machos, que son unas piezas que recubren los agujeros interiores. En todos estos pasos se debe tener en cuenta el material elegido para la fabricación de la pieza. El proceso de llenado del molde se conoce como colada. El desmolde consiste en extraer la pieza del molde una vez solidificada. En muchos casos, y fundamentalmente cuando se requiere precisión, deben realizarse tratamientos de acabado sobre las piezas obtenidas. Los materiales con los que se construyen las piezas suelen ser metales y aleaciones, y deben poseer las siguientes características:

- Punto de fusión bajo (para ahorrar combustible).
- Baja tensión superficial (para reproducir fielmente el molde).
- Bajo coeficiente de dilatación en estado líquido (para que la contracción del metal sea pequeña).
- Bajo coeficiente de dilatación en estado sólido (para disminuir el peligro de formación de grietas durante el enfriamiento).
- Aptitud para el llenado del molde¹².

¹² Disponible en World Wide Web:
< <http://es.wikipedia.org/wiki/Fundición> >

2.5.2 MOLDEO MANUAL EN ARENA.

El moldeo se realiza con arenas compuestas fundamentalmente de sílice (SiO_2), cuyos granos se aglomeran con cierta cantidad de agua, arcilla y aditivos.

Componente	Proporción
Sílice	65%
Arcilla	13%
Agua	5%
Aditivos	17%

TABLA 2.2 COMPONENTES DE LAS ARENAS DE MOLDEO

2.5.3 PROPIEDADES DE LOS MODELOS.

Considerando que la pieza fundida se obtiene en un molde construido con un modelo, es necesario considerar que el modelo deberá tener propiedades que proporcionen un buen acabado superficial y dimensiones y formas adecuadas para así obtener una pieza con las características técnicas deseadas. Los modelos deben tener las siguientes propiedades:

- **Facilidad de Desmoldeo:** Una característica importante de un modelo es que no ocasione destrozos en el molde cuando se está separándolo del molde; ésta característica es muy importante ya que de otra manera se tendría deformaciones y/o incrustaciones de arena en la futura pieza fundida, así como también complicaciones en la separación de los moldes.
- **Contrasalida:** Para evitar las contrasalidas, se debe analizar detenidamente la pieza a obtener, definir en la posición que se debe ser moldeado, de ser necesario las partes de las cuales debe estar constituido y el método de moldeo, una vez hechas estas consideraciones, se conoce ya las partes de las que será construido el modelo.

- **Ángulo de Salida:** Se refiere a facilitar la separación del modelo con el molde, debido a la adherencia creada entre ellos, cuando se trata de sacar al modelo se produce desmembramientos; para evitar este defecto, a todos los lados del modelo paralelos a la dirección de salida se los inclina un pequeño ángulo, que va desde $2,5^{\circ}$ a 7° según la dificultad del modelo, dando así una conicidad a la futura pieza a obtener, de tal manera que una pieza cilíndrica resultará un cono truncado, un cubo un trapecioide, etc. A este ángulo se lo conoce como ángulo de salida, el cual produce una ligera deformación de la pieza a obtener, por ello hay que introducir métodos y materiales que disminuyan lo más posible este ángulo, como por ejemplo: modelos metálicos, uso de lubricantes para facilitar el deslizamiento, acabado superficial mejorado para el modelo, redondeamiento de aristas, etc.

2.5.4 DIMENSIONAMIENTO EXACTO.

Aspecto importante de la pieza obtenida es que tenga las dimensiones requeridas, para lo cual hay que considerar tres factores, el uno que los metales se contraen en el proceso de solidificación, el segundo que hay ocasiones en que la pieza es mecanizada antes de su uso, y el tercero se refiere a deformaciones producidas en la elaboración del molde y en la solidificación del metal colado.

- **Contracción:** El proceso de fundición se trabaja con el metal desde fase líquida, a temperatura de colado, hasta la fase sólida, a temperatura ambiente. La contracción que aquí debe considerarse es la diferencia de volumen que hay cuando el metal está en estado sólido en referencia al volumen a la temperatura de congelamiento, como se conoce, todos los metales tienen un volumen inferior a temperatura ambiente. Por esta razón, para que la pieza tenga las medidas adecuadas, las dimensiones del espacio en el molde que recibe el metal fundido, debe tener dimensiones mayores que las que se quiere obtener en la pieza, la proporción de aumento está determinada por los niveles de contracción de los distintos metales, cada metal tiene su índice de contracción que necesariamente debe ser tomado en cuenta si se quiere tener una pieza con medidas

correctas. Como se ha visto, en la fundición blanca la contracción es casi igual a la del acero (16 a 18 por 1000). En las fundiciones grises, en las cuales en el momento de la solidificación se segregan las laminillas de grafito (de peso específico -2) con aumento de volumen de la masa, la contracción final resulta menor (10 por 1000); la contracción varía también según los obstáculos mayores o menores que encuentra la colada en el molde. Finalmente en cuanto a la dilatación lineal en el hierro, tiene un coeficiente de $1,2 \times 10^{-5}$ constante, cuando el cambio de temperatura es menor a 100°C.

- **Labrado Final:** Hay piezas que no son utilizadas directamente luego de ser obtenidas por el proceso de fundición, sino que requieren parte de sus superficies un posterior maquinado. En este caso es necesario que exista un sobredimensionamiento de esta zona a ser trabajada, este exceso en las dimensiones debe tener el modelo correspondiente.
- **Pandeo:** Cuando existen piezas principalmente planas, con diferencias considerables de masa entre una zona y otra, se produce una deformación en el proceso de solidificación de la pieza, lo que produce un pandeo final; para evitar este fenómeno, se opta por producir un pandeo inverso en el modelo, de tal manera que con la deformación posterior la pieza quede recta¹³.

2.5.5 MATERIALES EMPLEADOS PARA LA FABRICACIÓN DE MODELOS.

Dependiendo del tipo de producción, número de piezas a producir y tipo de piezas se utilizan diversos materiales para la construcción de modelos, como por ejemplo: modelos de madera, de metal, plásticos y perdidos. A continuación se detalla cada uno de ellos

- **Modelos de Madera:** La madera es un polímero fibroso heterogéneo que absorbiendo la humedad y expulsándola según el estado higrométrico del

¹³ OVIEDO, F. (1991, 24). *Apuntes de Fundición Módulo I*. Cuenca

ambiente se hincha o se contrae. Sus principales propiedades son: pequeña densidad, facilidad de elaboración, capacidad de retención de barnices y pinturas, bajo costo y posibilidad de secado. Ejemplos de este tipo: guayacán, laurel, caoba.

- **Modelos de Metal:** Cuando se va a producir piezas en serie se utiliza modelos de metal, los más usados son: latón, aluminio y aleaciones, fundición gris. Las propiedades de estos moldes son: durabilidad, precisión y superficies lisas.
- **Modelos Plásticos:** Son muy poco utilizados en el país, entre sus principales propiedades se tiene: alta resistencia a la corrosión, menos masa y mayor resistencia comparada con la madera, reduce el trabajo de elaboración ya que requiere de menos maquinaria y menos personal. Se usa principalmente: resinas epóxicas, poliéster, acrilado, polietileno, polivinilcloruro.
- **Modelos Perdidos:** Son modelos para utilizar por una sola vez, existen de dos tipos: cera perdida y gasificables. Los modelos de cera perdida se caracterizan por su alta precisión y excelente acabado superficial, se utilizan principalmente para producción de piezas pequeñas. Los modelos gasificables dan también un buen acabado superficial y se caracterizan en que el modelo, con frecuencia de espuma de polietileno, no se extrae del modelo, sino que se gasifica el momento que ingresa el metal fundido¹⁴.

2.5.6 PROPIEDADES DE LAS ARENAS.

La arena que se debe emplear para la elaboración de moldes y machos siempre ha de poseer las siguientes propiedades:

- **Plasticidad:** En estado húmedo, para que pueda reproducir los detalles de los modelos.

¹⁴ OVIEDO, F. (1991, 25). *Apuntes de Fundición Módulo I*. Cuenca

- **Permeabilidad:** Para permitir el paso a través de ella del aire y de los gases que se producen durante la colada.
- **Refractariedad:** Manifestada en un punto de fusión lo suficientemente alto para resistir sin fundirse ni reblandecerse las altas temperaturas de la colada.
- **Cohesión:** Para que el molde y el macho conserven su forma al retirar el modelo.
- **Conductividad Calorífica Adecuada:** Para que el metal o la aleación se enfríen en el molde a la velocidad deseada.
- **Deformabilidad Suficiente:** Que permita la contracción de la pieza al enfriarse¹⁵.

¹⁵ Disponible en World Wide Web:

< <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/762/2/CAPITULO%201.pdf> >

2.5.7 CAJAS DE MOLDEAR.

Las cajas de moldear (Fig. 2.15) son marcos (de madera, aluminio, fundición o acero) de forma y dimensiones muy variadas, destinadas a contener la arena del molde. Constan de una parte superior y de otra inferior o de fondo, provistas de espigas o clavijas y de orejas, en correspondencia, para fijar su posición durante el moldeo. Si hay más de dos, a las otras se les llama intermedias o aros.

Las paredes de las cajas grandes llevan una serie de agujeros o ranuras dispuestos a tresbolillo, que facilitan la salida de los gases del molde y las aligeran de peso¹⁶.

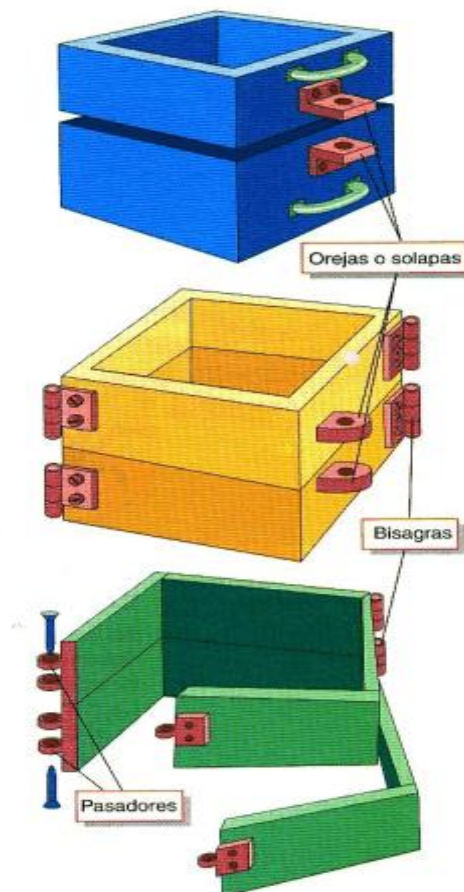


FIG. 2.15 CAJAS DE MOLDEAR

¹⁶ Disponible en World Wide Web:

< <http://www.sabelotodo.org/metalurgia/moldeo.html> >

2.5.8 PROCESO DE MOLDEO.

Las etapas que se diferencian en la fabricación de una pieza metálica por fundición en arena comprende:

- **Compactación de la Arena:** Alrededor del modelo en la caja de moldeo. Para ello primeramente se coloca cada semimodelo en una tabla, dando lugar a las llamadas tablas modelo, que garantizan que posteriormente ambas partes del molde encajarán perfectamente. Actualmente se realiza el llamado moldeo mecánico, consistente en la compactación de la arena por medios automáticos, generalmente mediante pistones hidráulicos o neumáticos.
- **Colocación del Macho o Corazones:** Si la pieza que se quiere fabricar es hueca, será necesario disponer machos, también llamados corazones que eviten que el metal fundido rellene dichas oquedades. Los machos se elaboran con arenas especiales debido a que deben ser más resistentes que el molde, ya que es necesario manipularlos para su colocación en el molde. Una vez colocado, se juntan ambas caras del molde y se sujetan. Siempre que sea posible, se debe prescindir del uso de estos corazones ya que aumentan el tiempo para la fabricación de una pieza y también su coste.
- **Colada:** Vertido del material fundido. La entrada del metal fundido hacia la cavidad del molde se realiza a través de la copa o bebedero de colada y varios canales de alimentación. Estos serán eliminados una vez solidifique la pieza. Los gases y vapores generados durante el proceso son eliminados a través de la arena permeable.
- **Enfriamiento y Solidificación:** Esta etapa es crítica de todo el proceso, ya que un enfriamiento excesivamente rápido puede provocar tensiones mecánicas en la pieza, e incluso la aparición de grietas, mientras que si es demasiado lento disminuye la productividad. Además un enfriamiento desigual provoca diferencias de dureza en la pieza. Para controlar la solidificación de la estructura metálica, es posible localizar placas metálicas

enfriadas en el molde. También se puede utilizar estas placas metálicas para promover una solidificación direccional. Además, para aumentar la dureza de la pieza que se va a fabricar se pueden aplicar tratamientos térmicos o tratamientos de compresión.

- **Desmoldeo:** Rotura del molde y extracción de la pieza. En el desmoldeo también debe retirarse la arena del macho. Toda esta arena se recicla para la construcción de nuevos moldes.
- **Desbarbado:** Consiste en la eliminación de los conductos de alimentación, mazarota y rebarbas procedentes de la junta de ambas caras del molde.
- **Acabado:** Limpieza de los restos de arena adheridos. Posteriormente la pieza puede requerir mecanizado, tratamiento térmico, etc¹⁷.

La (Fig. 2.16) indica un diagrama básico para el diseño de moldeo:

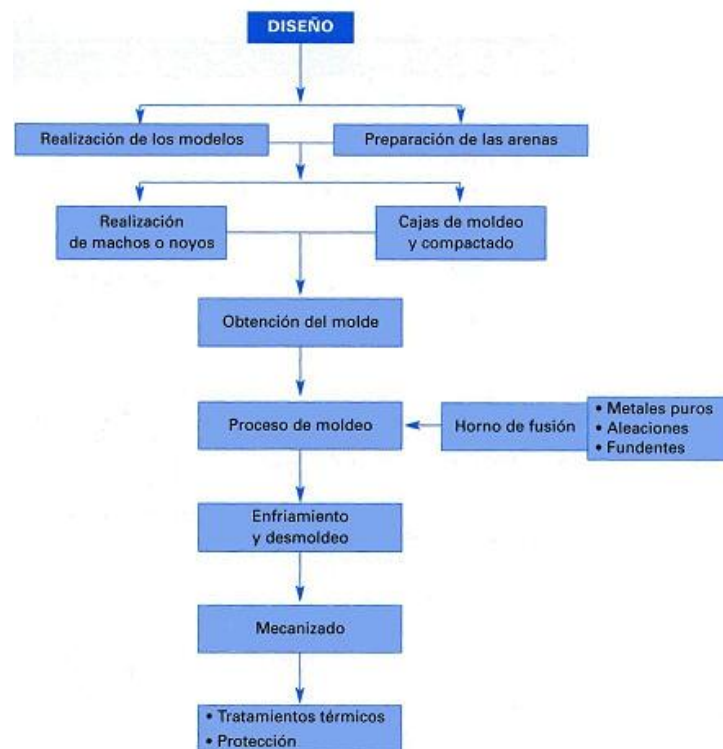


FIG. 2.16 DISEÑO DE MOLDEADO

¹⁷ Disponible en World Wide Web: < <http://es.wikipedia.org/wiki/Fundicion> >

2.6 FUERZA EJERCIDA POR UN CILINDRO HIDRÁULICO.

En los sistemas hidráulicos y neumáticos la energía es transmitida a través de tuberías. Esta energía es función del caudal y presión del aire o aceite que circula en el sistema.

El cilindro es el dispositivo que comúnmente es utilizado para conversión de la energía antes mencionada en energía mecánica.

La presión del fluido determina la fuerza de empuje de un cilindro, el caudal de ese fluido es quien establece la velocidad de desplazamiento del mismo. La combinación de fuerza y recorrido produce trabajo, y cuando este trabajo es realizado en un determinado tiempo produce potencia. Ocasionalmente a los cilindros se los llama "motores lineales".

En la (Fig. 2.17) vemos un corte esquemático de un cilindro típico. Este es denominado de doble efecto por que realiza ambas carreras por la acción del fluido.

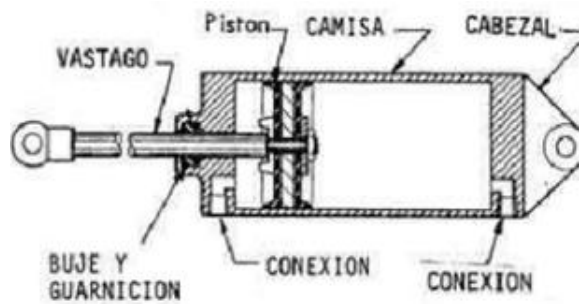


FIG. 2.17 CILÍNDRICO HIDRÁULICO TÍPICO

Las partes de trabajo esenciales son:

- a. La camisa cilíndrica encerrada entre dos cabezales.
- b. El pistón con sus guarniciones.
- c. El vástago con su buje y guarnición.

2.6.1 CÁLCULO DE LA FUERZA DE EMPUJE.

En las (Fig. 2.18) y (Fig. 2.19) son vistas en corte de un pistón y vástago trabajando dentro de la camisa de un cilindro. El fluido actuando sobre la cara anterior o posterior del pistón provoca el desplazamiento de este a largo de la camisa y transmite su movimiento hacia afuera a través del vástago.

El desplazamiento hacia adelante y atrás del cilindro se llama "carrera". Las carreras de empuje y la de tracción o retracción se observan a continuación:

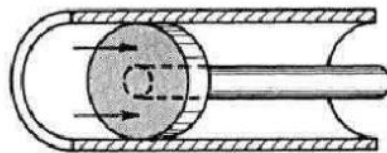


FIG. 2.18 CARRERA DE EMPUJE EN CILINDRO HIDRÁULICO

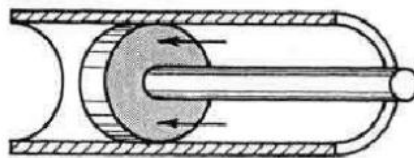


FIG. 2.19 CARRERA DE RETRACCIÓN EN CILINDRO HIDRÁULICO

La presión ejercida por el aire comprimido o el fluido hidráulico sobre el pistón se manifiesta sobre cada unidad de superficie del mismo como se muestra en la (Fig. 2.20)

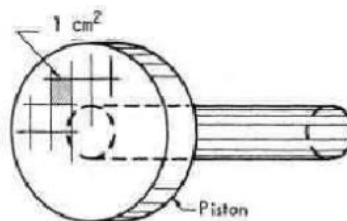


FIG. 2.20 PRESIÓN EJERCIDA EN CILINDRO HIDRÁULICO

La regla para hallar la fuerza total de empuje de un determinado cilindro es: "El empuje es igual a la presión manométrica multiplicada por la superficie total del pistón"¹⁸

¹⁸ Disponible en World Wide Web: <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica22.htm>

2.7 MANTENIMIENTO.

El mantenimiento se define como todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes¹⁹.

En cuanto a los tipos de mantenimiento implementados para el desarrollo y puesta en marcha del dispositivo rectificador se encuentran:

2.7.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

2.7.1.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO NO PLANIFICADO.

Implica la corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan, sin planificación previa, al contrario del caso del Mantenimiento Preventivo.

Esta forma de mantenimiento impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por maltrato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, etc.

El ejemplo de este tipo de mantenimiento correctivo no planificado es la habitual reparación urgente tras una avería que obligó a detener el equipo o máquina dañada.

2.7.1.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO PLANIFICADO.

Consiste en la reparación de un equipo o máquina cuando se dispone del personal, repuesto y documentos técnicos necesarios para efectuarlo²⁰.

¹⁹ Disponible en World Wide Web: < <http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento>>

²⁰ Disponible en World Wide Web:
< <http://www.monografias.com/trabajos82/el-mantenimiento/el-mantenimiento.shtml>>

2.7.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO (MP).

Las ventajas de la aplicación de MP en máquinas herramientas son considerables, el número de horas de paro se reducen en un 95% y las horas de reparación no planificadas en un 65% durante un periodo de instalación inferior a 4 años.

La disponibilidad media de horas de producción pasó a ser inferior al 80%, a más del 86%. El plan anual de inversiones se reduce drásticamente, al tiempo que aumenta la calidad del producto y disminuye el porcentaje de desperdicio.

Un programa completo MP para máquinas herramientas afecta a todo el personal de la planta, y no solo al personal de mantenimiento. Es un error pensar que le MP es responsabilidad única de mantenimiento.

- **Limpieza:** Un buen plan mantenimiento empieza por la buena limpieza. Este trabajo se adjudica con frecuencia al operario y no se presta atención especial a las instrucciones, evidentemente es un error, porque todo trabajo necesita instrucciones: cómo, cuándo, y con qué hacerlo. A veces las máquinas son complicadas hasta el extremo que al operario le sería imposible limpiarla sin una pérdida considerable de tiempo, en este caso es mantenimiento el encargado de esta tarea. Muy a menudo combinando estas operaciones con la lubricación y la inspección antes y después de la jornada ordinaria, o bien en los descansos de la comida.
- **Lubricación:** Cualquier herramienta funciona mejor si esta lubricada propiamente. La elección de lubricantes, su almacenamiento, su distribución y empleo en producción, el establecimiento de intervalos adecuados para las operaciones de lubricación y el registro y comprobación de la lubricación son responsabilidad del ingeniero de mantenimiento. Un programa de lubricación completo, fiable y efectivo es esencial en el programa de MP. Aun así se debe señalar que no basta un programa de lubricación, sino que debe combinarse con otras técnicas de mantenimiento predictivo (Análisis de lubricantes, Termografía).

La responsabilidad de la lubricación puede ser centralizada o descentralizada. La lubricación diaria corre a cargo del operario y por tanto la comprobación está a cargo de producción. La lubricación semanal está a cargo del operario también. Cuando se trata de máquinas especiales o muy complejas la operación requiere de personal especializado, En estos casos la responsabilidad recae sobre la sección de mantenimiento.

Las instrucciones para la lubricación suelen venir con la máquina. En su forma más adecuada contienen un dibujo o fotografía de la máquina y una breve descripción de los distintos puntos, el tipo y cantidad de lubricante necesario para cada operación y el intervalo entre ellas.

- **Inspecciones:** La parte más importante de todo programa de MP es la inspección. La actividad de inspección no solo revela la condición de la máquina herramienta, si no que supone un ajuste, reparación o cambio de piezas desgastadas; es decir, la corrección eliminación de circunstancias que pueden ser causa de averías o deterioro de la máquina²¹.

Se ha visto que una combinación de observaciones, pruebas y medidas puede dar lugar a un método aplicable a la mayoría de circunstancias en la industria.

El sistema consiste en 4 niveles de inspección diferentes, cada uno con su objetivo particular.

2.7.2.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO NIVEL 1.

Observación diaria. La lleva a cabo el operario. Implica la observación del funcionamiento de la máquina herramienta en su ciclo normal de trabajo comprobando todas sus funciones.

²¹ Disponible en World Wide Web:

< <http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/mantenimiento-preventivo-en-maquinas.htm>>

2.7.2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO NIVEL 2.

Observación semanal. La realiza el encargado de lubricación durante la operación semanal. Incluye actividades del nivel 1, con observaciones adicionales de la presión del aceite, el funcionamiento de los dispositivos de lubricación, y las fugas de aceite.

2.7.2.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO NIVEL 3.

Inspección menor. A cargo de un empleado de mantenimiento especialmente entrenado, con buenos conocimientos de máquinas herramientas y sistemas eléctricos e hidráulicos de control. Las inspecciones son tales que no es necesario parar la máquina. Incluye los niveles 1 y 2.

2.7.2.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO NIVEL 4.

Inspección general. Incluye los niveles 1, 2 y 3, y requiere paro de máquina. Se comprueban (en caso que los tuviere): el nivel de la máquina, el juego del cojinete del eje principal, el paralelismo de la guías respecto a la línea de centros. También incluye el ajuste de embragues y frenos, chavetas y cojinetes, recambio de piezas desgastadas, sustitución de correas, etc. Cada dos años suele hacerse una inspección general, o bien cada año o cada 6 meses en dos turnos, según el tipo de máquina. Debe planificarse con producción el paro de la misma.

El nivel 4 da bastante idea de la calidad actual de la máquina y de su fiabilidad. Si alguna de las pruebas indica condiciones incorrectas, se recomienda que la inspección de control de calidad se haga para dar información detallada sobre las condiciones de máquina herramienta²².

²² Disponible en World Wide Web:

< <http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/mantenimiento-preventivo-en-maquinas.htm>>

2.8 LUBRICACIÓN.

A través del análisis se pueden conocer las características de los lubricantes. Esto es fundamental para conocer de antemano cual será su comportamiento ante nuestra necesidad, para decidir que lubricante poner debemos tener en cuenta el trabajo que realizara el lubricante y el estado de la máquina donde lo pondremos.

Entre los valores físicos que determinan la calidad de un lubricante se encuentran: densidad y peso específico, viscosidad, volumen a diferentes temperaturas, punto de inflamación y de combustión, punto de fluidez, penetración y por último índice de neutralización de basicidad y de acidez hay algunos otros pero son derivaciones de estos.

- **Viscosidad:** En la práctica se observan los valores en la (Fig. 2.21)

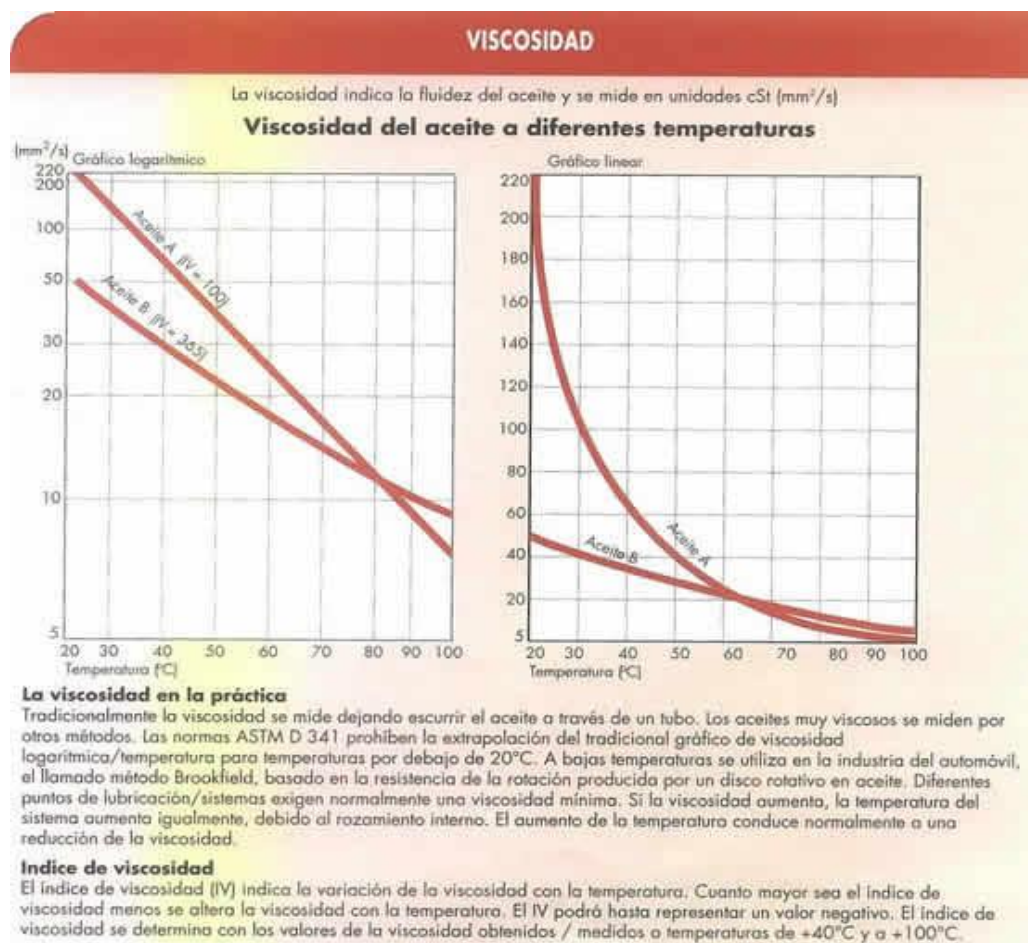


FIG. 2.21 VISCOSIDAD DEL ACEITE A DIFERENTES TEMPERATURAS

- **Volumen:** Solo resaltar que cuando varía la temperatura, también varía la densidad, así como la necesidad de espacio para el lubricante por su dilatación. La relación es la siguiente:

Un aumento de temperatura de 100° le corresponde un aumento de volumen del 10 %.

- **Punto de inflamación y de combustión:** El punto de inflamación de un aceite es, la temperatura más baja a la cual los vapores formados en la superficie del aceite entran en combustión en presencia de una llama. O dicho de otro modo, es la temperatura a la que el aceite empieza a evaporarse. La medida del punto de inflamación nos indica si la evaporación o el consumo de aceite a temperatura elevadas se superior o inferior en uno u otro tipo de aceite.

El punto de combustión es determinado mediante un ensayo realizado en un vaso abierto, y se trata de aquel punto en el que el aceite sigue ardiendo 5 segundos después de retirarle la llama de ignición, siendo este siempre entre 30° o 50°C superior al punto de inflamación.

El punto de inflamación de los lubricantes se sitúa siempre por encima de los 100°C por lo que no están afectados por las normativas contraincendios en el almacenaje de los mismos. A continuación en la (Fig. 2.22) se indica la tabla de la clasificación de los líquidos en cuanto a la inflamabilidad.

CLASIFICACIÓN DE LOS LÍQUIDOS	
Clasificación actual	Clasificación antigua
La regulación de U.E. sobre líquidos inflamables prevee las siguientes clases de riesgos:	
A - Líquidos no miscibles con agua.	CLASE I Líquidos inflamables, cuyo punto de inflamación es inferior a 21°C.
A1 - Con punto de inflamación inferior a 21°C (ej: acetona).	CLASE II Líquidos inflamables cuyo punto de inflamación es igual o superior a 21°C pero inferior a 55°C.
A2 - Con punto de inflamación entre 21 y 55°C (ej: o-xileno).	
A3 - Con punto de inflamación superior a 55°C (ej: trietilen-glicol).	CLASE III Líquidos inflamables cuyo punto de inflamación es superior a 55°C pero inferior a 100°C.
B - Líquidos miscibles con el agua en cualquier proporción, con punto de inflamación inferior a 21°C (ej: alcohol etílico).	

FIG. 2.22 CLASIFICACIÓN DE LOS LÍQUIDOS

- Punto de fluidez:** Se determina enfriando el aceite en un tubo de vidrio hasta que no exista movimiento al inclinar este durante cinco segundos. Normalmente, en los aceites minerales esto ocurre cuando cierta cantidad de aceite cristaliza impidiendo al resto moverse. Esto no es aplicable para los aceites sintéticos. Por este motivo no pueden ser comparados un aceite mineral con un sintético en cuanto a su punto de fluidez. Algunas veces es necesario recurrir a otros métodos para determinar el punto de fluidez más adecuado.

Para las grasas, es el punto de gota correspondiente a la temperatura a la cual la grasa lubricante, calentada en un instrumento adecuado, libera la primera gota de aceite. El punto de gota pues, nos indica el punto de temperatura más elevado a la cual se puede utilizar dicha grasa. También se pueden extraer conclusiones en cuanto a las características del agente espesante, consistencia, y capacidad de soportar temperaturas de esta grasa.

- **Penetración:** Indica la dureza de la grasa y es medida a través de un equipo adecuado a una temperatura establecida. Este equipo y los resultados posibles se observan en la (Fig. 2.23)²³:

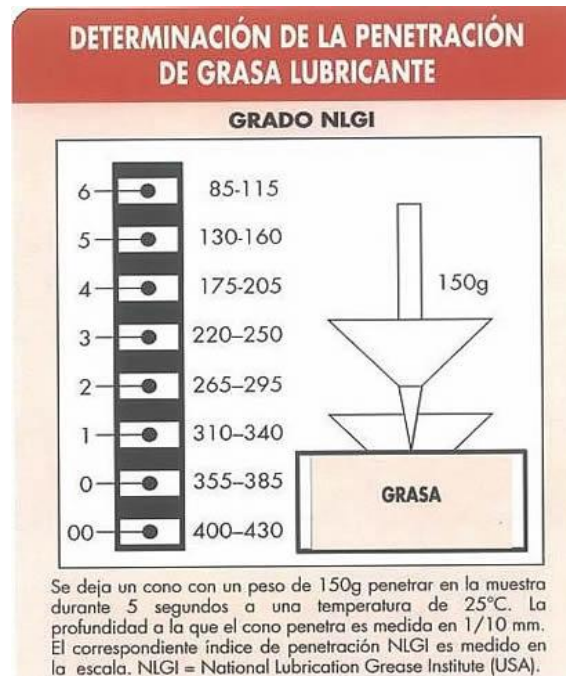


FIG. 2.23 DETERMINACIÓN DE LA PENETRACIÓN DE GRASA LUBRICANTE

2.8.1 ACEITES HIDRAULICOS.

Un buen aceite hidráulico debe aportar las mejores características de:

- **Estabilidad térmica:** Existe una tendencia a utilizar sistemas hidráulicos que trabajen a mayores temperaturas, usar depósitos más pequeños y bombas más cargadas. Resumiendo los sistemas hidráulicos son más sofisticados, usan menores tolerancias etc. Por este motivo, es de capital importancia disponer de aceites con mayor resistencia a la degradación.
- **Filtrabilidad:** La propiedad de un aceite hidráulico a poder filtrarse es un importante aspecto a tenerse en cuenta. La sofisticación de la que se ha

²³ Disponible en World Wide Web:

< <http://www.predic.com/lubricantes/lubricacion.html> >

hablado antes, hace que los equipos incorporen cada vez más elementos con niveles de paso muy finos.

Un buen aceite hidráulico debe liberar rápidamente el aire del seno del fluido y al mismo tiempo evitar espumas en la superficie de los tanques. Así mismo debe separarse rápidamente del agua sin formar una película en el fondo de los tanques.

- **Características de rozamiento:** con algunos fluidos hidráulicos, se han detectado problemas de movimientos a saltos, entre las juntas y los vástagos que provocan ruido; por eso es necesario que los aceites hidráulicos tengan unas buenas características al rozamiento.
- **Propiedades anti-desgaste:** En los aceites térmicamente estables se usan aditivos especialmente estudiados para evitar desgastes así como antioxidantes y antiespumantes²⁴.

2.8.2 FUNCIONES PRINCIPALES DE LUBRICACIÓN.

Entre las principales se puede citar:

- Separar las superficies (función principal).
- Disminuir el calor.
- Reducir el desgaste y la corrosión.
- Mantener en suspensión a las partículas contaminantes.
- Sellar para evitar la entrada de contaminantes²⁵.

²⁴ Disponible en World Wide Web: < <http://www.predic.com/lubricantes/lubricacion.html>>

²⁵ Disponible en World Wide Web:
< <http://www.monografias.com/trabajos70/principios-lubricacion/principios-lubricacion2.shtml>>

CAPITULO III

DISEÑO DE COMPONENTES

3.1 SELECCIÓN DE MATERIALES.

Dependiendo de la pieza a maquinar y su función dentro de la máquina rectificadora, podemos enlistar los diferentes tipos de materiales de acuerdo a la siguiente información:

PIEZA	MATERIAL	PLANO
Eje Principal	Acero AISI 4140 (recocido)	10.489.648.01.01
Tuerca de Desplazamiento	Bronce SAE 64	10.489.648.01.02
Plato Porta - Herramientas	Fundición Clase 40	10.489.648.01.03

TABLA 3.1 SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA REDISEÑOS

Para seleccionar dichos materiales se parte del esfuerzo de fluencia (S_y); además de características tales como: el costo en el mercado, propiedades de maquinabilidad, propiedades físicas y químicas, métodos de unión, conformado, etc. Otros datos más, se indican a continuación.

3.1.1 PROPIEDADES ACERO AISI 4140.

En la industria nacional es un acero aleado con ciertos elementos químicos tales como: Carbono (C), Manganeso (Mn), Cromo (Cr), Molibdeno (Mo), Silicio (Si), etc. para darle alta templabilidad y buena resistencia a la fatiga e impacto. Este acero puede ser nitrurado para darle mayor resistencia a la abrasión. Es susceptible al endurecimiento por tratamiento térmico.

Entre sus principales propiedades se puede citar:

Norma Involucrada	ASTM 322
Propiedades Mecánicas	Dureza: 275 - 320 HB (29 – 34 HRc) en suministro
	Esfuerzo a la Fluencia: 690 MPa (100 KSI)
	Esfuerzo Máximo: 900 - 1050 MPa (130 - 152 KSI)
	Elongación Mínima: 12%
	Reducción de Área Mínima: 50%
Propiedades Físicas	Densidad: 7.85 g/cm ³ (0.284 lb/in ³)
Propiedades Químicas	0.38 - 0.43% C
	0.75 – 1.00 % Mn
	0.80 – 1.10 % Cr
	0.15 – 0.25 % Mo
	0.15 – 0.35 % Si
	0.04 % P máx
	0.05 % S máx
Usos	Se usa para piñones pequeños, tijeras, tornillo de alta resistencia, espárragos, guías, seguidores de leva, ejes reductores, cinceles.
Tratamientos Térmicos	Se austeniza a temperatura entre 830 - 850 °C y se da temple en aceite. El revenido se da por dos horas a 200°C para obtener dureza de 54 HRc y si se da a 315°C la dureza será de 50 HRc. Para recocido se calienta entre 680 – 720°C con dos horas de mantenimiento, luego se enfría a 15°C por hora hasta 600°C y se termina enfriando al aire tranquilo. Para el alivio de tensiones se calienta entre 450 – 650°C y se mantiene entre ½ y 2 horas. Se enfría en el horno hasta 450°C y luego se deja enfriar al aire tranquilo.

TABLA 3.2 PROPIEDADES ACERO AISI 4140

3.1.2 PROPIEDADES BRONCE SAE 64.

Un bronce con excelentes características físicas para el trabajo pesado con excelente característica antifricción por su alto contenido de plomo, (lubricante seco). Posee una resistencia a la tracción de 35000 psi y una dureza de entre 60 y 70 HB. Es usado principalmente para: cojinetes, bujes para altas velocidades y fuertes presiones, bombas, impulsores, aplicaciones donde se requiera alta resistencia a la corrosión, fundiciones a presión, bujes para molinos, hornos de cemento, troqueladoras, laminadoras y compresores.

Los encontrados dentro del mercado nacional, poseen las siguientes características:

Norma Involucrada	ASTM B144 (3A)
Propiedades Mecánicas	Dureza: HB 55 – 70
	Resistencia a la Tensión: (1200 - 2600)Kg/cm ²
	Esfuerzo Máximo: 845Kg/cm ²
	Alargamiento en 5.08cm: 8 – 20%
Propiedades Químicas	0.78 - 0.82% Cu
	0.09 – 0,11% Sn
	0.08 – 0,11% Pb
	máx 0.0075 % Zn
	máx 0.0075 % Ni
	máx 0.0015 % Fe
	máx 0.0055 % Sb
	máx 0.0005 % P
Usos	Para trabajos pesados bajo presiones y velocidades altas, chumaceras y cojinetes usados en máquinas, herramientas, trenes de laminación grúas, dragas, molinos, trapiches, trituradoras, etc.

TABLA 3.3 PROPIEDADES BRONCE SAE 64

3.1.3 PROPIEDADES DE LA FUNDICIÓN CLASE 40.

El hierro gris clase 40 presenta una distribución de grafito, pero en matriz esencialmente perlítica, que aporta mejores propiedades mecánicas y mejor respuesta al tratamiento térmico. Por sus mayores propiedades mecánicas, presenta buen acabado superficial y buena estanqueidad, como si fuera una barrera impermeable. Resulta muy adecuado también para aplicaciones sujetas al desgaste, tales como pistones, válvulas hidráulicas, moldes, coquillas, acoples, espaciadores, entre otros. Para ésta clase de metal los tratamientos térmicos más usuales son el endurecimiento superficial con temple por inducción y endurecimiento por llama²⁶.

Dentro de las principales propiedades podemos destacar:

Tipo	Composición Típica					Resistencia a la Tensión	
	Fe	C	Si	Mn	Otros ^a	MPa	Elongación %
Fundiciones grises							
Clase 20	93.0	3.5	2.5	0.65		138	0.6
Clase 30	93.6	3.2	2.1	0.75		207	0.6
Clase 40	93.8	3.1	1.9	0.85		276	0.6
Clase 50	93.5	3.0	1.6	1.0	0.67 Mo	345	0.6

TABLA 3.4 PROPIEDADES QUÍMICO - MECÁNICAS FUNDICIÓN CLASE 40

²⁶ Disponible en World Wide Web: < http://www.metalactual.com/revista/10/procesos_fundicion.pdf>

3.2 PARÁMETROS DE MEJORA DE LA MÁQUINA.

Una vez que se ha avanzado en la teoría fundamental de diseño, selección y análisis en sistemas de turbo máquinas, así como el conformado de materiales por fundición, se procede a determinar las partes que serán sometidas a rediseño y montaje final del dispositivo rectificador; siendo éstas: el eje principal del husillo, la tuerca para el desplazamiento de la mesa, el sistema de refrigeración y la fundición y conformado del plato porta-herramientas.

Se justifica además mediante análisis cuantitativo y de diseño mecánico las diferentes partes a ser rediseñadas. Los métodos de análisis serán los siguientes:

- Análisis del Eje Principal (Método Mecánico: Justificación de Diseño)
- Análisis de la Tuerca (Método Mecánico: Justificación de Diseño)
- Análisis del Sistema de Refrigeración (Análisis Hidráulico: Selección de Bomba)
- Análisis del Plato Porta – Herramientas (Materiales: Justificación de Diseño)

3.2.1 CARACTERÍSTICAS Y DISEÑO DEL EJE PRINCIPAL DEL HUSILLO.

El detalle del eje principal se muestra en la (Fig. 3.1)

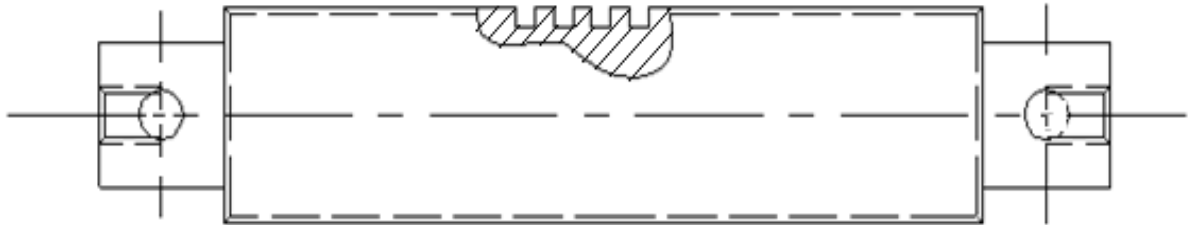


FIG. 3.1 EJE PRINCIPAL

- **Material:** Acero AISI 4140 (recocido)
- **Roscas:** Externa Cuadrada 3x3mm.
- **Dimensiones Brutas:** Ø35mm x 815

3.2.1.1 CÁLCULOS:

El tornillo de transmisión de potencia de rosca cuadrada tiene un diámetro mayor de 30mm y un paso de 6mm con hilo simple y se va a emplear en levantar el cabezal del husillo porta herramienta.

• Terminología Aplicada:

d = diámetro

p = paso

n = número de entradas

d_c = diámetro del collarín

F = Peso del Cabezal Porta – Herramientas

f = f_c = Coeficiente de Fricción para Pares Roscados

n_t = Hilos en Contacto

dm = Diámetro de Paso

dr = Diámetro Menor

l = Avance

T = Par de Torsión

e = Eficiencia Global de Levantamiento de Carga

τ = Esfuerzo de Torsión

σ = Esfuerzo Axial Nominal

σ_B = Esfuerzo de Apoyo

σ_b = Esfuerzo Flexionante en la Raíz del Hilo

σ_x ; σ_y ; σ_z = Esfuerzos Tridimensionales

Angulo de Avance, $\lambda = \text{Sen}^{-1}(\frac{l}{\pi dp})$

- **Representación de las Cargas:**

Las cargas se representan en la (Fig. 3.2)

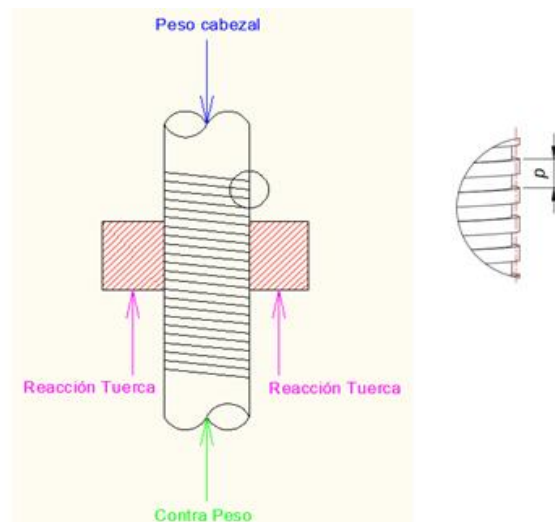


FIG. 3.2 CARGAS ACTUANTES EN EL PERNO

- **Peso Neto que Soporta el Perno:**

Peso Neto = F

Peso cabezal = 5qq = 500kg

Contra peso = 1.5qq = 150kg

F = 500Kg – 150Kg = 350Kg = 3.43kN

- **Datos Propuestos:**

$$d = 30\text{mm}$$

$$p = 6\text{mm}$$

$$n = 1 \text{ (Hilo simple)}$$

$$d_c = 30\text{mm}$$

- **Coeficiente de Fricción para Pares Roscados:**

Material del Tornillo	Material de la Tuerca			
	Acero	Bronce	Latón	Fundición de Hierro
Acero, seco	0.15-0.25	0.15-0.23	0.15-0.19	0.15-0.25
Acero, aceite para máquina	0.11-0.17	0.10-0.16	0.10-0.15	0.11-0.17
Bronce	0.08-0.12	0.04-0.06	***	0.06-0.09

TABLA 3.5 COEFICIENTES DE FRICCIÓN PARA PARES ROSCADOS

$$f = f_c = (\text{material de la tuerca: bronce}) (\text{tornillo: acero, aceite para máquina})$$

$$f_c = 0,1$$

- **Diámetro del Collarín:**

$$d_c = \text{diámetro mayor} = 30\text{mm}$$

- **Hilos en Contacto:**

$$n_t = 1$$

3.2.1.1.1 Determinación de la profundidad de la rosca, el ancho de rosca, el diámetro de paso, el diámetro menor y el avance:

La profundidad y el ancho de la rosca son los mismos y resultan iguales a la mitad del paso, es decir, 6mm

$$d_m = d - p/2 = (30 - 6/2)$$

$$d_m = 27\text{mm}$$

$$d_r = d - p = (30 - 6)$$

$$d_r = 24\text{mm}$$

$$l = np = 1(6\text{mm})$$

$$l = 6\text{mm}$$

3.2.1.1.2 Cálculo del par de torsión necesario para elevar y bajar la carga:

Suponiendo que un par de torsión positivo es un par de torsión de elevación de carga, el par de torsión requerido para girar el tornillo contra la carga es:

$$T = \frac{Fd_m}{2} \left(\frac{l + \pi f d_m}{\pi d_m - fl} \right) + \frac{Ff_c d_c}{2}$$

$$T = \frac{3,43(27)}{2} \left(\frac{6 + \pi(0,1)(27)}{\pi(27) - (0,1)(6)} \right) + \frac{3,43(0,1)(30)}{2}$$

$$T = 18,76 \text{ Nm}$$

Considerando negativo el par de torsión empleado para bajar la carga:

$$T = \frac{-Fd_m}{2} \left(\frac{\pi f d_m - l}{\pi d_m + fl} \right) - \frac{Ff_c d_c}{2}$$

$$T = \frac{-3,43(27)}{2} \left(\frac{\pi(0,1)(27) - 6}{\pi(27) + (0,1)(6)} \right) - \frac{3,43(0,1)(30)}{2}$$

$$T = -3,8 \text{ Nm}$$

El signo (+) en el primer término indica que el tornillo por sí mismo no es auto bloqueante y giraría bajo la acción de la carga, excepto por el hecho de que también se tiene fricción en el collarín que también se debe vencer.

3.2.1.1.3 Eficiencia global al elevar la carga:

$$e = \frac{Fl}{2\pi T} = \frac{3,43(6)}{2\pi(18,76)}$$

$$e = 0,17$$

3.2.1.1.4 Los esfuerzos de torsión y compresión en el cuerpo:

El esfuerzo cortante en el cuerpo τ , debido al movimiento de torsión T en el exterior del cuerpo del tornillo, está dado por:

$$\tau = \frac{16T}{\pi d_r^3} = \frac{16(18,76)(1000)^2}{\pi(24)^3}$$

$$\tau = 6,91\text{MPa}$$

El esfuerzo axial normal nominal σ se expresa mediante:

$$\sigma = -\frac{4F}{\pi d_r^2} = -\frac{4(3,43)(1000)^2}{\pi(24)^2}$$

$$\sigma = -7,58\text{MPa}$$

3.2.1.1.5 El esfuerzo de apoyo:

El esfuerzo de apoyo σ_B es, con un hilo que soporta $0,38F$; (Algunos experimentos muestran que el primer hilo en contacto soporta $0,38$ de la carga, el segundo $0,25$ y el tercero $0,18$; además el séptimo está libre de carga)

$$\sigma_B = \frac{2(0,38F)}{\pi d_m n_t p} = \frac{2(0,38)(3,43)(1000)}{\pi(27)(1)(6)}$$

$$\sigma_B = 5,12 \text{MPa (de compresión)}$$

3.2.1.1.6 Los esfuerzos flexionantes en la raíz de los hilos, cortante en la raíz y el esfuerzo de Von Mises y el esfuerzo cortante máximo en la misma ubicación:

El esfuerzo flexionante en la raíz del hilo σ_b , con hilo que soporta 0,38F, corresponde a:

$$\sigma_B = \frac{6(0,38F)}{\pi d_r n_t p} = \frac{6(0,38)(3,43)(1000)}{\pi(24)(1)(6)}$$

$$\sigma_B = 17,29 \text{MPa}$$

El corte transversal en el extremo de la sección transversal de la raíz, debido a la flexión, es cero. Sin embargo, existe un esfuerzo cortante circunferencial en el extremo de la sección transversal de la raíz del hilo, como se calculó anteriormente de 6,91MPa.

3.2.1.1.7 Esfuerzos en la rosca:

Si se supone que la carga está distribuida uniformemente a lo largo de la altura de la tuerca h y que los hilos de la rosca del tornillo fallarían por esfuerzo cortante sobre el diámetro menor, entonces el esfuerzo cortante medio en esta rosca es:

$$\tau_c = \frac{2F}{\pi d_r h} = \frac{2(3,43)(1000)}{\pi(24)(100)}$$

$$\tau_c = 909,8 \text{Kpa}$$

Los esfuerzos tridimensionales, tomando en cuenta que la coordenada “y” es hacia afuera, son:

$$\sigma_x = 17,29\text{MPa} \qquad \tau_{xy} = 6,91\text{MPa}$$

$$\sigma_y = 0 \qquad \tau_{yz} = 0$$

$$\sigma_z = -7,58\text{MPa} \qquad \tau_{zx} = 0$$

$$\tau_c = 909,8 \text{ Kpa}$$

Del resumen anterior de esfuerzos se toma el más alto de todos y se procede a evaluar el factor de seguridad del perno, se considerará como material de fabricación del mismo Acero AISI 4140 (recocido), el límite de fluencia de este acero es de:

$$S_y = 655 \text{ Mpa (95kpsi)},$$

$$Ss_y = (655)(0,577)$$

$$Ss_y = 377,94\text{Mpa (54,82kpsi)}$$

Por lo tanto:

3.2.1.1.8 Factor de seguridad esfuerzo normal en la rosca de perno:

$$F.S. = \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_{max}} = \frac{S_y}{\sigma_x}$$

$$F.S. = \frac{655}{17.29} = 37,88 \sim 38$$

3.2.1.1.9 Esfuerzo al corte en la rosca del perno:

$$\tau_c = \frac{2F}{\pi d_r h}$$

$$\tau_c = \frac{2(3,43)(1000)}{\pi(24)(140)}$$

$$\tau_c = 649,88 \text{ Kpa}$$

3.2.1.1.10 Factor de seguridad esfuerzo cortante en la rosca de perno:

$$F.S. = \frac{\tau_{adm}}{\tau_{m\acute{a}x}} = \frac{S_{Sy}}{\sigma_x}$$

$$F.S. = \frac{377,94}{17,29} = 21,85 \sim 22$$

3.2.1.1.11 Análisis de auto bloqueo del perno:

Si $f > \tan \lambda$, el perno es auto bloqueante:

$$f = 0,1$$

$$\lambda = \text{Sen}^{-1}\left(\frac{1}{\pi dp}\right)$$

$$\lambda = \text{Sen}^{-1}\left(\frac{6}{(\pi)(30)(6)}\right)$$

$$\lambda = 0,6$$

$$\tan \lambda = \tan(0,6) = 0,010$$

$$0,1 > 0,010$$

Por tanto es auto bloqueante.

3.2.1.1.12 Apreciación mínima de la máquina:

Determinada mediante el paso de diente del tornillo principal y las divisiones del tambor graduado para subir o bajar la muela de operación, la apreciación indica la menor medida posible a desbastar en la máquina rectificadora.

Considerando una vuelta completa de la manivela de maquinado y 150 divisiones existentes en el tambor, se obtiene:

$$\mathbf{1 \text{ vuelta} = 3mm}$$

(Equivalente al ancho de diente)

$$\frac{1}{150} = \mathbf{apreciación}$$

Por lo tanto:

$$\mathbf{apreciación = \frac{3mm}{150}}$$

$$\mathbf{apreciación = 0,02mm}$$

Por ejemplo, si se desea desbastar 1mm, a un block de motor, se necesita avanzar 50 líneas en el tambor graduado o 1 vuelta completa si se desea maquinar 3mm de desbaste.

3.2.2 CARACTERÍSTICAS Y DISEÑO DE LA TUERCA DE DESPLAZAMIENTO.

El detalle de la tuerca de desplazamiento se muestra en la (Fig. 3.3)

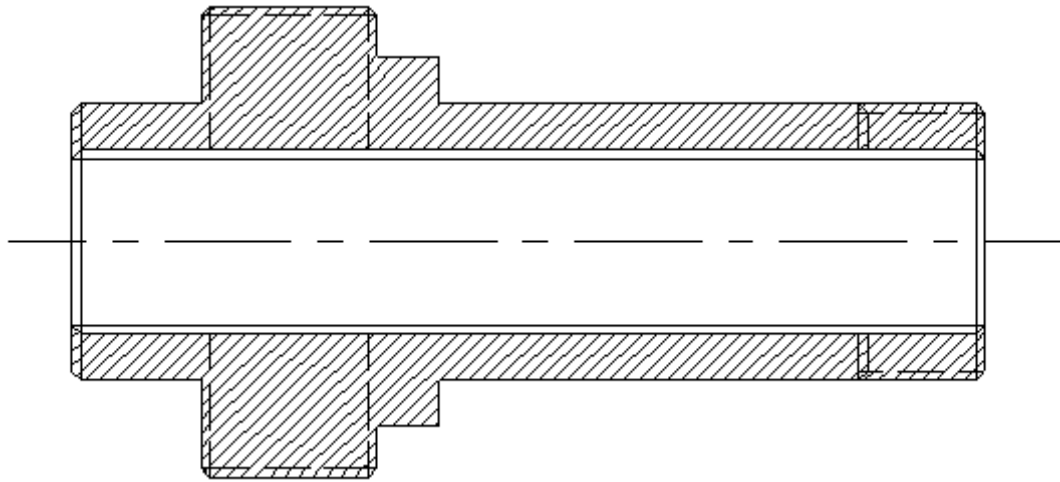


FIG. 3.3 TUERCA MOTRIZ

- **Material:** Bronce SAE 64
- **Roscas:** Helicoidal Motriz, Rosca Externa e Interior Cuadrada.
- **Dimensiones Brutas:** Ø80mm x 120

3.2.2.1 CÁLCULOS:

$$\tau_c = \frac{2F}{\pi d_r h}$$

$$\tau_c = \frac{2(3,43)(1000)}{\pi(30)(140)}$$

$$\tau_c = 727,86 \text{ Kpa}$$

3.2.2.1.1 Cálculo de S_y , considerando el material del bronce SAE 64 para el análisis:

$$S_y = 8,85 \text{ Mpa (1,28kpsi)},$$

$$Ss_y = (8,85)(0,577)$$

$$Ss_y = 5,11 \text{ Mpa (0,74 kpsi)}$$

3.2.2.1.2 Factor de seguridad esfuerzo normal en la rosca de la tuerca.

$$F.S. = \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_{max}} = \frac{S_y}{\sigma_x}$$

$$F.S. = \frac{8,85}{0,73}$$

$$F.S. = 12,12 \sim 12$$

3.2.2.1.3 Factor de seguridad esfuerzo cortante en la rosca de la tuerca.

$$F.S. = \frac{\tau_{adm}}{\tau_{m\acute{a}x}} = \frac{Ss_y}{\sigma_x}$$

$$F.S. = \frac{5,11}{0,73}$$

$$F.S. = 7$$

Como se puede apreciar, los factores de seguridad están por encima de la unidad, siendo estos valores bastante comunes en este tipo de sistemas; ya que se necesita garantizar la estabilidad en el tiempo de las partes y su sobredimensionamiento no implica necesariamente un aumento significativo en el costo de mecanización.

3.2.2.1.4 Cálculo para el divisor universal.

K = 40 (cte. del divisor)

Z = 24

Entonces aplicando la división directa:

$$\mathbf{V. M.} = \frac{K}{Z}$$

$$\mathbf{V. M.} = \frac{40}{24}; \text{ simplificando:}$$

$$\mathbf{V. M.} = \frac{5}{3}$$

Como no existe un disco de 3 agujeros, se busca un múltiplo existente:

$$\mathbf{V. M.} = \frac{5 \times 5}{3 \times 5} = \frac{25}{15}; \text{ entonces formando un quebrado mixto:}$$

$$\mathbf{V. M.} = 1 \frac{10}{15}$$

Por lo tanto:

$$\mathbf{V. M. (vueltas de manivela)} = \frac{N^{\circ} \text{ de agujeros recorridos de manivela}}{\text{Circulo de agujeros}}$$

Para hacer cada diente de la corona helicoidal, hay que dar una vuelta completa a la manivela y correr 10 agujeros en el círculo de 15 agujeros; tomando en cuenta la inclinación angular en la mesa.

3.2.3 CARACTERÍSTICAS Y DISEÑO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

Para el diseño del sistema de refrigeración, se analizará las distancias de posicionamiento entre el contenedor del refrigerante y el punto de apertura de la válvula (promedio), así como las pérdidas que ocasiona ésta en el paso final del líquido.

El método de justificación se lo hará mediante la ecuación de la energía, entre dos puntos, se realizará la curva del sistema y se lo comparará con el de la bomba escogida, determinándose al final si el caudal de operación óptimo se encuentra dentro de los proporcionados por la bomba.

3.2.3.1 Datos:

- **Requerimiento del Sistema:**

Caudal > 12lt/s de refrigerante (Muelas abrasivas en Maquinado)

- **Elevación de Trabajo:**

$Z = 1130\text{mm} = 1,13\text{m}$

- **Tubería:**

Longitud: $L_T = 242\text{mm} = 0,242\text{m}$

Material: Plástico Reforzado

Diámetro: $D = 18\text{mm} = 0,018\text{m}$

Área interior: $A = 2,54 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

- **Refrigerante:**

Tipo: Aceite Emulsionable Anti-oxidante (90% de concentración de agua)

Viscosidad Cinemática \approx Agua $\nu = 1,004 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

- **Pérdidas:**

La tubería no contiene ningún codo que cambie de manera significativa el paso del fluido a través del conducto, siendo la única consideración la de la válvula de paso.

Válvula de paso: $K_T = 0,19$ (Tipo Palanca abierta completamente)

- **Diagrama del Sistema:**

El sistema de refrigeración de la máquina se lo muestra en la (Fig. 3.4)

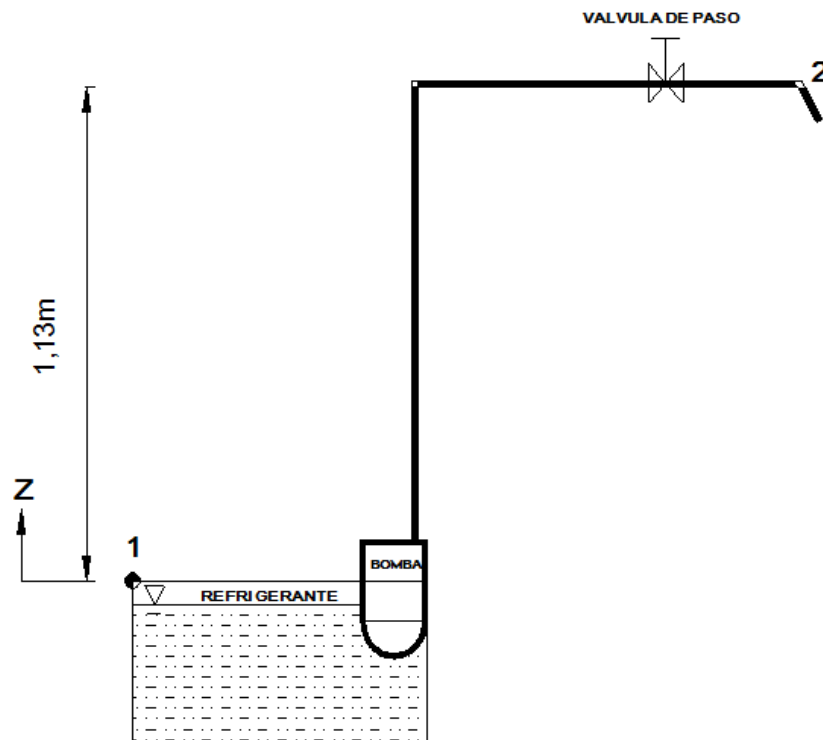


FIG. 3.4 DIAGRAMA DE BOMBEO DEL REFRIGERANTE

3.2.3.2 CÁLCULOS:

3.2.3.2.1 Aplicando la Ecuación de la Energía (Bernoulli):

$$h_a + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + hl$$

Donde:

P= Presión en cada Punto

γ = Peso Específico

g = Aceleración de la Gravedad

hl = Pérdidas del Sistema

Consideramos:

$$\frac{P_1}{\gamma} = \frac{P_2}{\gamma} = 0$$

(El sistema no se encuentra presurizado en los dos puntos)

$$\frac{V_1^2}{2g} = 0$$

(La fluctuación de velocidad en el punto 1 es mínima)

$$Z_1 = 0$$

(Origen de referencia)

Por lo tanto:

$$h_a = Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + hl$$

En donde:

$$h_l = K_T \frac{V_2^2}{2g} + f \frac{L_T}{D} \frac{V_2^2}{2g}$$

Obteniendo:

$$h_a = 1,13m + \frac{V_2^2}{2g} + K_T \frac{V_2^2}{2g} + f \frac{L_T}{D} \frac{V_2^2}{2g}$$

$$h_a = 1,13m + \frac{V_2^2}{2g} \left(1 + K_T + f \frac{L_T}{D} \right)$$

Desarrollando la fórmula de la velocidad para tramos de tubería obtenemos:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Por lo tanto:

$$V^2 = \frac{16Q^2}{\pi^2 D^4}$$

Reemplazando:

$$h_a = 1,13m + \frac{16Q^2}{2g(\pi^2 D^4)} \left(1 + K_T + f \frac{L_T}{D} \right)$$

$$h_a = 1,13m + \frac{8Q^2}{g(\pi^2 D^4)} \left(1 + K_T + f \frac{L_T}{D} \right)$$

$$h_a = 1,13m + \frac{8Q^2 s^2}{9,8m(\pi^2)(0,018^4 m^4)} \left(1 + 0,19 + f \frac{0,242m}{0,018m} \right)$$

$$h_a = 1,13m + \frac{787905,52Q^2 s^2}{m^5} (1,19 + 13,44f)$$

De acuerdo a la rugosidad del conducto para plástico reforzado y la curva de conductos lisos:

$$\epsilon = \text{suavidad}$$

Podríamos determinar en el diagrama de Moody (Fig. 3.5):

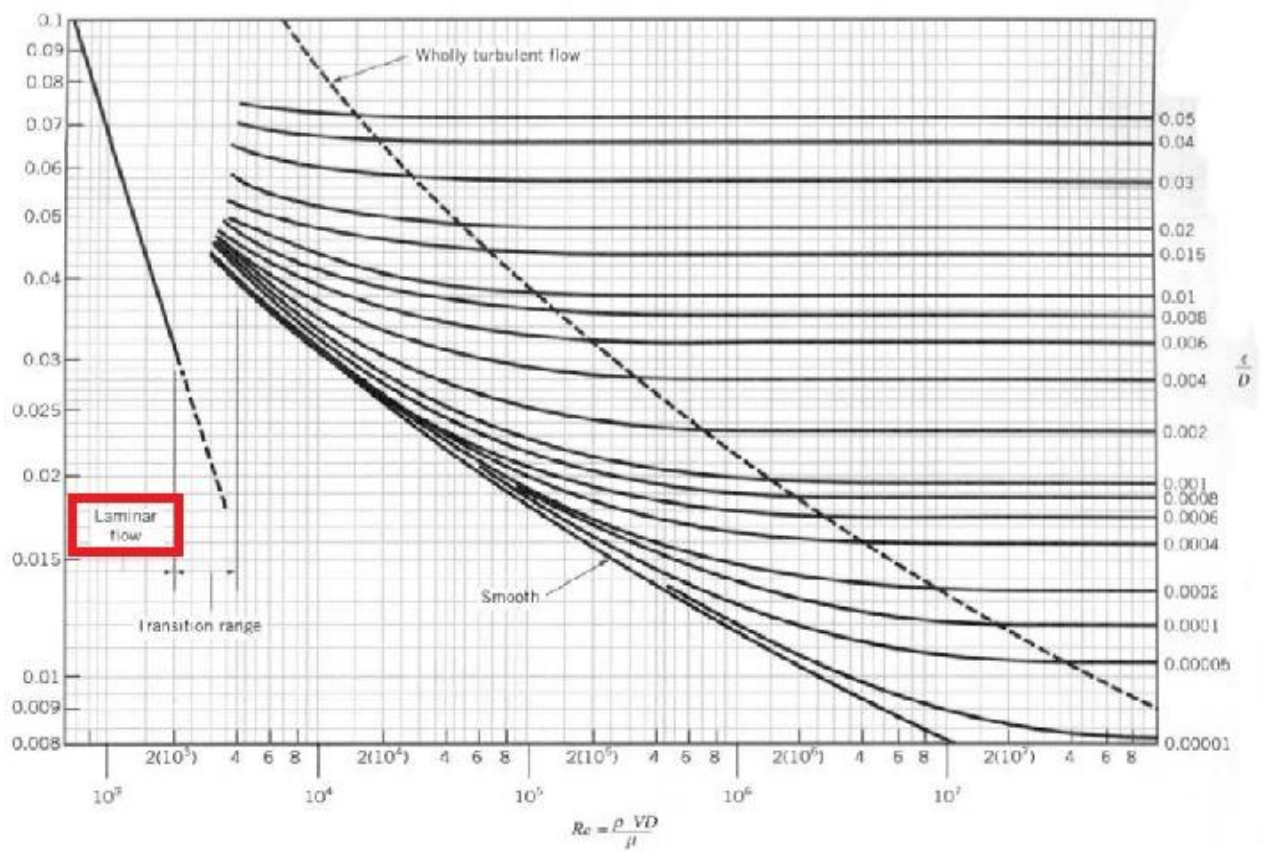


FIG. 3.5 DIAGRAMA DE MOODY

El fluido dentro del sistema se comporta como: **Flujo Laminar.**

Por lo tanto:

$$f = \frac{64}{NR_e}$$

Donde:

$\mathbf{NR_e}$ = Número de Reynolds

Entonces:

$$\mathbf{NR_e} = \frac{QD}{A\gamma}$$

Donde:

γ = Viscosidad Cinemática del Refrigerante

Reemplazando:

$$\mathbf{NR_e} = \frac{0,018\text{m (Q)}}{2,54 \times 10^{-4} \text{m}^2 \left(1,004 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \right)}$$

$$\mathbf{NR_e} = \frac{70583806,51 \text{Qs}}{\text{m}^3}$$

Desarrollando la tabla final, se obtiene la Curva del Sistema, reemplazando los datos en las ecuaciones:

$$\mathbf{h_a} = 1,13\text{m} + \frac{787905,52 Q^2 s^2}{\text{m}^5} (1,19 + 13,44f)$$

$$\mathbf{f} = \frac{64}{\mathbf{NR_e}}$$

Obteniendo:

Caudal (lt/min)	Caudal (m3/s)	NRe	f	ha (m)
0	0	0	0	1,13
5	8,33333E-05	5881,983876	0,010880683	1,137311306
10	0,000166667	11763,96775	0,005440341	1,157644939
15	0,00025	17645,95163	0,003626894	1,191000899
20	0,000333333	23527,9355	0,002720171	1,237379187
25	0,000416667	29409,91938	0,002176137	1,296779802
30	0,0005	35291,90326	0,001813447	1,369202744
35	0,000583333	41173,88713	0,001554383	1,454648014
40	0,000666667	47055,87101	0,001360085	1,553115611

TABLA 3.6 VALORES PARA LA CABEZA DE LA BOMBA

3.2.3.2.2 Desarrollo de la Curva del Sistema:

En función de la cabeza estática y el caudal obtenidos en la matriz superior se obtiene la curva del sistema (Fig. 3.6):

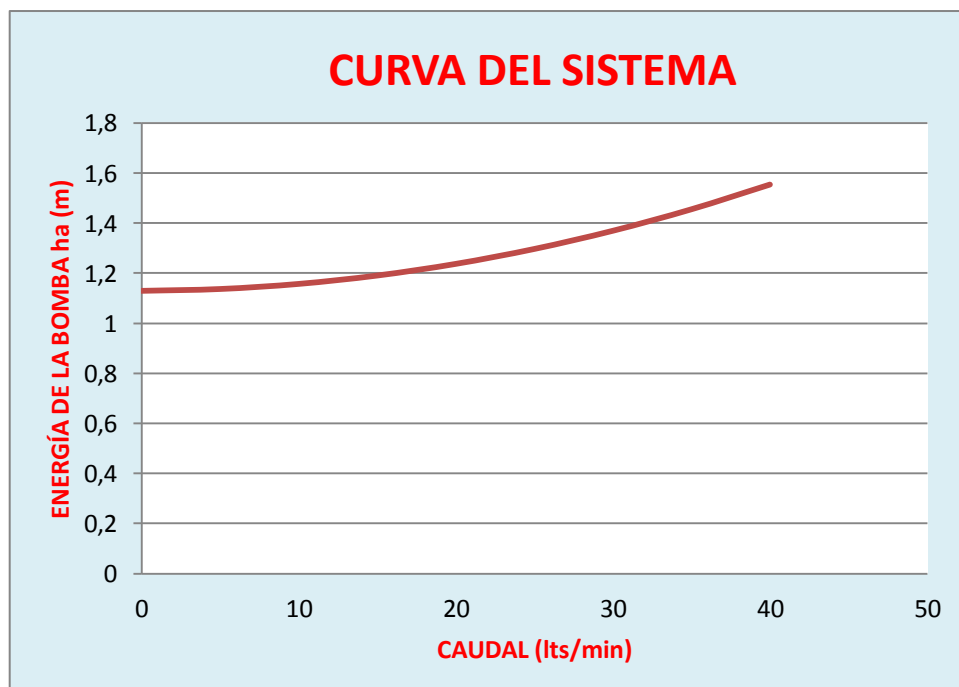


FIG. 3.6 CURVA DEL SISTEMA

Datos de la Bomba escogida para el proceso:

MOTO BOMBA MICHE	
Tipo	HT-125
W	50
V	220/380
rpm	3300
lt/min a 1,5m	14
Elevación Máxima	3m

TABLA 3.7 CARACTERÍSTICAS MOTO BOMBA MICHE

3.2.3.2.3 Determinación del Punto de Operación:

Al intercalar las curvas de la bomba y del sistema se obtiene el punto de operación (Fig. 3.7)

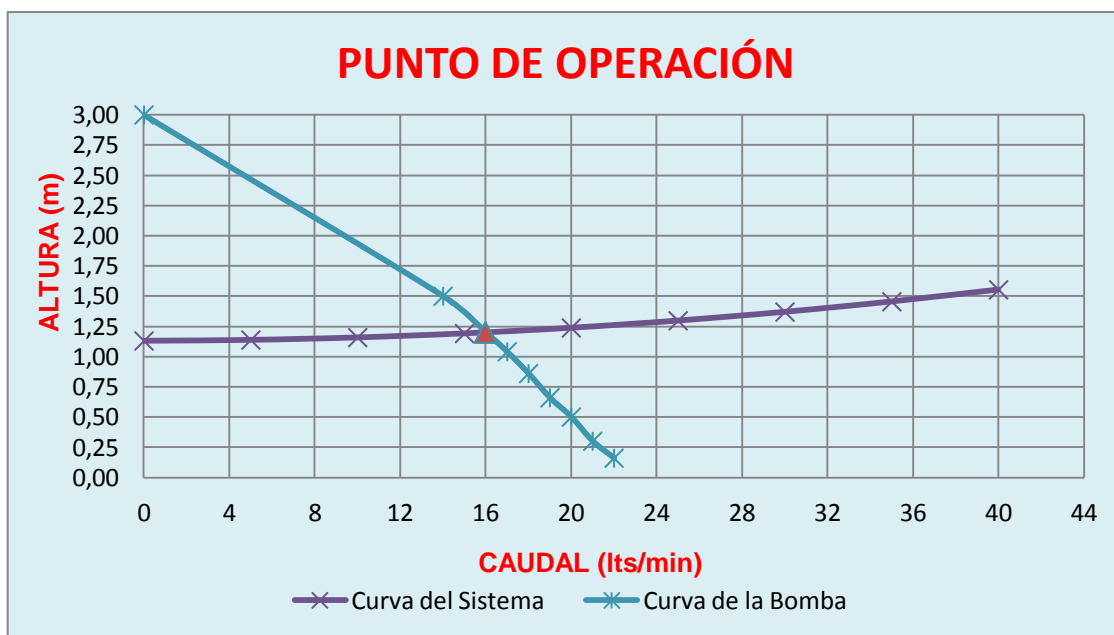


FIG. 3.7 PUNTO DE OPERACIÓN

Punto de Operación > Requerimiento del Sistema

16lts/min > 12lts/min

Determinándose que el punto de operación es 16lts/min, valor mayor al requerimiento del sistema, por lo que la adaptación del dispositivo es viable.

3.2.4 CARACTERÍSTICAS Y CONFORMADO DEL PLATO PORTA-HERRAMIENTAS.

El detalle del plato porta-herramientas se muestra en la (Fig. 3.8)

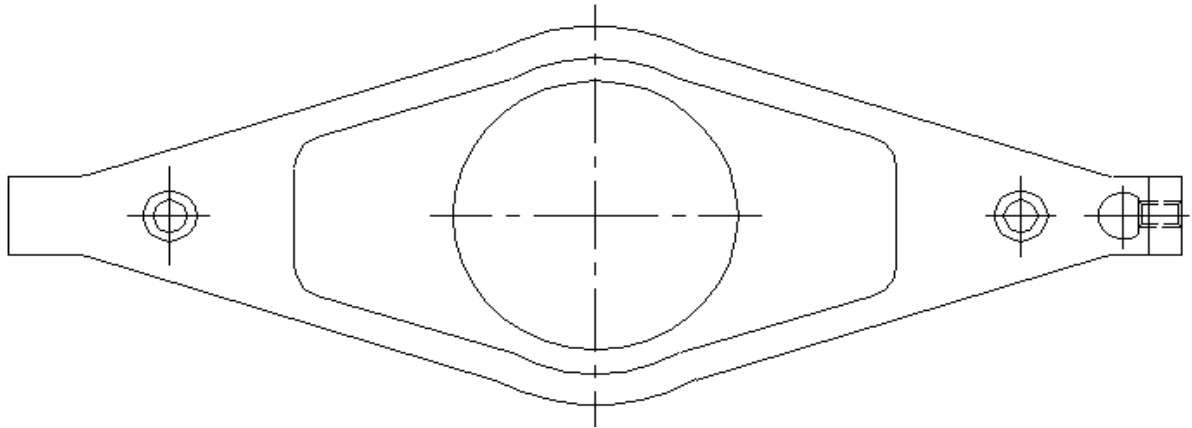


FIG. 3.8 PLATO PORTA-HERRAMIENTAS

- **Material:** Fundición Clase 40
- **Roscas:** Interior de Ajuste para útil de corte.
- **Dimensiones Brutas:** 360 x 115mm

Para la elaboración y conformado del Plato Porta-Herramientas es necesario analizar las propiedades del material con el que se va a realizar el colado de la pieza, para finalmente darle los acabados finales, que son los agujeros y paso de rosca para el prisionero de sujeción.

En cuanto al tipo de fundición, la seleccionada para adaptar el útil de corte y que se adapta de mejor manera a los requerimientos de mecanizado es la: Fundición Clase 40.

A continuación se detalla la micro estructura deseada para el Plato Porta-Herramientas (Fig. 3.9):



FIG. 3.9 MATRIZ PERLÍTICA

La mayoría de las fundiciones contienen fósforo procedente del mineral de hierro en cantidades variables entre 0,10 y 0,90%, el cual se combina en su mayor parte con el hierro formando fosfuro de hierro (Fe_3P). Este fosfuro forma un eutéctico ternario con la cementita y la austenita (perlita a temperatura ambiente) conocida como esteatita (Fig. 3.10) la cual es uno de los constituyentes normales de las fundiciones. La esteatita, por sus propiedades físicas, debe controlarse con todo cuidado para obtener unas características mecánicas óptimas.

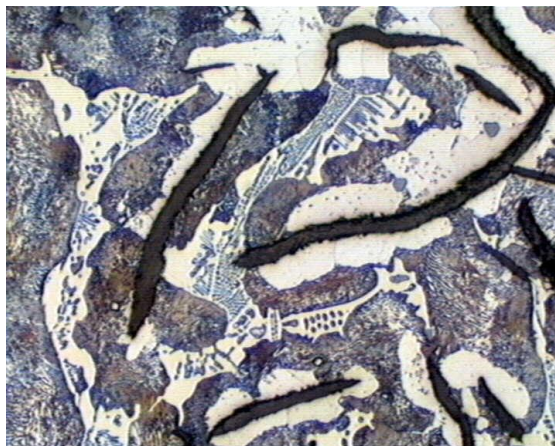


FIG. 3.10 MICROESTRUCTURA ESTEATITA

El proceso de moldeo y colado de la pieza, no incluye los mecanizados adicionales para el funcionamiento en el husillo de trabajo a excepción del agujero principal, por lo que éste trabajo es complementado mediante los acabados finales.

Los pasos para la obtención del plato porta-herramientas son:

- Dimensionamiento.
- Preparación del molde, tomando en cuenta los coeficientes de contracción y dilatación.
- Sobre una tabla (tabla de moldeo) se coloca el modelo, por la mayor de sus caras.
- Se coloca sobre la tabla, alrededor del modelo una caja de moldeo de tamaño adecuado.
- Se espolvorea el modelo con talco u otra sustancia en polvo que facilite su extracción posterior.
- Se rellena con arena y a continuación se apisona fuertemente, para evitar que se desmorone en el momento de la extracción del modelo.
- Se le da la vuelta a la caja, se retira la tabla de moldear y a continuación se extrae el modelo.
- Se retoca el molde de los posibles desperfectos y se espolvorea con negro de humo.
- Se cuela el metal líquido.
- Una vez el metal frío, se rompe el molde y se extrae la pieza.
- Desbarbado, eliminación de los conductos de alimentación, mazarota y rebarbas procedentes de la junta de ambas caras del molde.
- Proceso de taladrado (agujeros secundarios).

- Procesos de *Avellanado*.
- Proceso de Roscado Manual (útil de corte).

Estos trabajos son ejecutados una vez desarrollados los trazos necesarios mediante la teoría de ajuste básico para conformado de piezas mecánicas con el soporte de los planos de diseño.

El proceso de moldeado, colado y acabado de la pieza se lo detalla además con la respectiva fase de trabajo propuesta.

3.2.4.1 FUERZA EJERCIDA POR EL CILINDRO HIDRÁULICO DE LA MESA.

Para el cálculo de la fuerza del cilindro hidráulico de la máquina rectificadora de superficies planas tenemos los siguientes datos de información:

3.2.4.1.1 DATOS.

$$P = 264,53psi (18atm.)$$

Diámetro de la Carcasa d=54mm

Diámetro del Pistón d= 16mm

3.2.4.1.2 CÁLCULOS.

Área de la Carcasa:

$$A = \pi r^2$$

$$A = \pi(27mm)^2$$

$$A = 2290,22mm^2 = 3,55plg^2$$

Área del Pistón:

$$A = \pi r^2$$

$$A = \pi(8mm)^2$$

$$A = 201,06mm^2 = 0,31plg^2$$

3.2.4.1.2.1 FUERZA DE AVANCE.

$$F = PA_{carcasa}$$

$$F = \frac{264,53lb \times 3,55plg^2}{plg^2}$$

$$F = 939,08lb$$

3.2.4.1.2.2 FUERZA DE RETROCESO.

$$F = PA_{efectiva}$$

$$F = \frac{264,53lb \times (3,55 - 0,31)plg^2}{plg^2}$$

$$F = 857,08lb = 388,77 Kg$$

Como se puede observar la menor fuerza es la de retroceso, la cual es suficiente para poder desplazar blocks de motor tanto de fundición gris y de aluminio, ya que su peso fluctúa, hasta un máximo de 150Kg para motores medianos.

El avance de la mesa está dado mediante el posicionador manual de velocidades, el cual permite regular el flujo hidráulico y adaptarlo a las mejores condiciones de trabajo para el maquinado.

CAPITULO IV

PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN

4.1 CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLE.

4.1.1 CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS MECANIZADOS.

Además del proceso de conformado por fundición detallado con anterioridad, el proceso de mecanizado por arranque de viruta es el que será utilizado para conformar las partes de movilidad del cabezal motriz.

Un mecanizado es un proceso de fabricación que comprende un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante remoción de material, ya sea por arranque de viruta o por abrasión.

Se realiza a partir de productos semielaborados como lingotes u otras piezas previamente conformadas por otros procesos como moldeo o forja. Los productos obtenidos pueden ser finales o semielaborados que requieran operaciones posteriores.

El material es arrancado o cortado con una herramienta dando lugar a un desperdicio o viruta. La herramienta consta, generalmente, de uno o varios filos o cuchillas que separan la viruta de la pieza en cada pasada. En el mecanizado por arranque de viruta se dan procesos de desbaste y acabado²⁷.

Para fabricar cada una de las piezas constitutivas del mecanismo es necesario considerar una fase de trabajo en donde constan los procedimientos básicos a seguir por el operario. Esta fase muestra bosquejos simples así como herramientas y útiles, velocidades, avances y tiempos referenciales; cada fase al momento de la fabricación deberá estar acompañada del respectivo plano indicado en la misma, ya que en éste constan todas las medidas necesarias de

²⁷ Disponible en World Wide Web: < <http://es.wikipedia.org/wiki/Mecanizado>>

construcción. Las fases correspondientes para cada elemento construido en la presente tesis, se presentan como anexo al final de la misma.

Las operaciones básicas propuestas para los elementos mecanizados se detallan a continuación:

4.1.1.1 OPERACIONES PARA EL PERNO PRINCIPAL.

- **Montaje:** Preparación de la pieza en el torno de maquinado, incluye el centrado de la pieza y uniformidad de giro para la operación de desbaste.
- **Desbaste:** Incluye refrentar las caras del eje y maquinar los diámetros a las dimensiones establecidas en el diseño con acabado superficial.
- **Perforado:** Operación en los extremos del eje para la sujeción del mismo en la máquina.
- **Machuelado:** A través de un juego de machos, posibilita el acople del eje en la máquina.
- **Roscado:** Tallar la hélice de desplazamiento principal del husillo de trabajo.
- **Perforado Auxiliar:** Operación paralela para el acople de los pernos de sujeción.

4.1.1.2 OPERACIONES PARA LA TUERCA MOTRIZ.

- **Montaje en Torno:** Preparación de la pieza en el mandril de maquinado, incluye el centrado de la pieza y uniformidad de giro para la operación de desbaste.
- **Desbaste:** Incluye refrentar las caras del eje y maquinar los diámetros a las dimensiones establecidas en el diseño con acabado superficial.

- **Perforado:** Operación a lo largo de la tuerca para tallar posteriormente la rosca de desplazamiento.
- **Roscado Interior:** Tallar la hélice de desplazamiento principal del perno.
- **Roscado Exterior:** Tallar la hélice de sujeción de la tuerca en la máquina.
- **Montaje en Fresadora:** Preparación de la pieza en el divisor de maquinado, incluye el centrado de la pieza y uniformidad de giro para la operación de desbaste de los dientes helicoidales.

4.1.2 ENSAMBLE DE ELEMENTOS E INSUMOS.

4.1.2.1 ENSAMBLE DE PERNO PRINCIPAL Y TUERCA MOTRIZ.

Para el montaje del Perno Principal y la Tuerca Motriz se considerará el siguiente procedimiento:

- a. Sacar la tapa cubre cadena.
- b. Desarmar el contrapeso del cabezal.
- c. Aflojar la base del perno desgastado.
- d. Sacar el cabezal con la ayuda de un montacargas.
- e. Retirar el perno y la tuerca motriz del cabezal.
- f. Lubricar las partes nuevas y colocarlas en el cabezal motriz.
- g. Alinear el cabezal en las guías de desplazamiento.
- h. Ajustar la base del perno

- i. Colocar el contrapeso del cabezal.
- j. Colocar la tapa protectora.

4.1.2.2 GUÍAS Y VELOCIDAD DE AVANCE DE LA MESA PRINCIPAL.

Para mejorar el avance de la mesa se procede a retirar las guías originales de máquina y se las reemplaza por un polímero del tipo *celuloide*, con un torneado básico tipo rodillo, el cual permite estabilizar el asiento de mesa y facilitar la movilidad. El circuito hidráulico permite mediante reguladoras de flujo independientes posicionar la mesa tanto en la velocidad de avance como en la dirección para el maquinado; tal como se muestra en la (Fig. 4.1)

Las velocidades de avance en sus posiciones respectivas no presentan ningún tipo de falla, así como la regulación en el paso del líquido hidráulico.

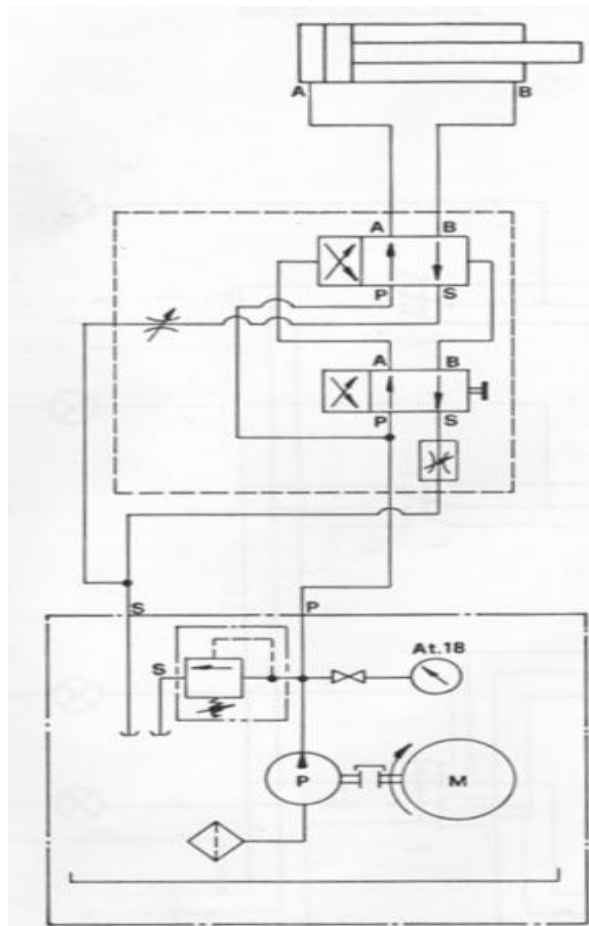


FIG. 4.1 CIRCUITO HIDRÁULICO DE MOVILIDAD

CAPITULO V

COSTOS DE FABRICACIÓN.

Los costos de fabricación serán detallados de acuerdo a un análisis específico que depende principalmente de:

- Materiales e Insumos.
- Mecanizado y Mano de Obra.

Además se ha tomado en cuenta los gastos indirectos y administrativos. El presupuesto inicial es de: \$1300,00

5.1 COSTOS DE INSUMOS.

Principalmente se refiere a aquellos suministros necesarios para la puesta en marcha y funcionamiento.

MATERIAL	CANT.	DIMENSIONES BRUTAS	COST. UNIT. USD	COST. TOTAL USD
Manguera Anillada	5	Normalizada (1m)	55,00	275,00
Polímero	1	Ø60X100	16,90	16,90
Alambre 12 cableado para Motor Eléctrico	20	Normalizado	1,50	30,00
Lonas	2	Normalizado	22,00	44,00
Terminales Redondos	40	Normalizado	0,10	4,00
Aceites	1	Normalizado	45,00	45,00
Pernos Allen M8 Cabeza Hexagonal	10	Estándar	0,50	5,00
Manguera de agua	1	Normalizada	3,60	3,60
Grasa	2	Normalizada	5,50	11,00
Cadena Soporte	1	Normalizada	68,00	68,00
		TOTAL	218,10	502,50

TABLA 5.1 COSTO DE INSUMOS

5.2 COSTOS DE MATERIALES.

Aquellos que fueron utilizados fundamentalmente para el rediseño.

PIEZA	MATERIAL	CANT.	DIMENSIONES BRUTAS	COST. UNIT. USD	COST. TOTAL USD
Perno Principal	Acero AISI 4140	1	ø 50x1200	45,00	45,00
Tuerca Motriz	SAE 64	1	ø 90x150	38,00	38,00
Plato Porta-Herramientas	Clase 40	1	360x150	250,00	250,00
TOTAL				333,00	333,00

TABLA 5.2 COSTO DE MATERIALES

5.3 COSTOS DE MECANIZADO Y MANO DE OBRA.

Para este punto se analiza el costo por hora en cada máquina herramienta, así como la ganancia promedio en el mismo intervalo de tiempo por un técnico mecánico.

ITEM	MÁQUINA	HORA/MÁQUINA		HORA/HOMBRE		COSTO TOTAL USD
		HORAS	VALOR C/H USD	HORAS	VALOR C/H USD	
Perno Principal	Torno	8	8,75	7	1,95	83,65
Tuerca Motriz	Torno	8	8,75	8	1,95	85,60
	Fresadora	6	12,00	3	1,95	77,85
Plato Porta-Herramientas	Moldeado	4	25,00	3	1,95	105,85
	Taladrado	4	5,00	3	1,95	25,85
TOTAL						378,80

TABLA 5.3 COSTOS DE MECANIZADO Y MANO DE OBRA

5.4 COSTOS INDIRECTOS.

Desembolsados a lo largo del proyecto a personal externo.

DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL USD
Adaptación del Sistema de Refrigeración	190,00
Pintura y Acabados	360,00
Otros	140,00
TOTAL	690,00

TABLA 5.4 COSTOS INDIRECTOS

5.5 COSTO ADMINISTRATIVO.

Está determinado mediante el 20% del costo del producto, por lo tanto:

DETALLE	COSTO TOTAL USD
Insumos	502,5
Materiales	333,00
Mecanizado y Mano de Obra	378,80
SUBTOTAL	1214,30

Administrativo (20% Subtotal)	242,86
--------------------------------------	---------------

TABLA 5.5 COSTO ADMINISTRATIVO

5.6 COSTO TOTAL DEL PROYECTO.

DETALLE	COSTO TOTAL USD
Insumos	502,5
Materiales	333,00
Mecanizado y Mano de Obra	378,80
SUBTOTAL	1214,30

Administrativo	242,86
Indirectos	690,00

COSTO TOTAL DEL PROYECTO	2147,16
---------------------------------	----------------

TABLA 5.6 COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Como se puede apreciar, el costo total del proyecto excede al presupuesto inicial estimado, sin embargo, se debe considerar que los costos de mecanizado, mano de obra y acabados no son tomados en cuenta, ya que las partes son mecanizadas por los autores dentro la Empresa Rectificadora Pazmiño S.A., por lo que económicamente el proyecto también es viable.

Cabe mencionar además que el costo total del proyecto para este tipo de trabajos deberá estar estimado en un valor entre el 10 al 12% del valor del activo, siendo el valor del mismo en la actualidad de 19000 dólares americanos.

CAPITULO VI

PROTOCOLO DE PRUEBAS.

Una vez que se ha analizado la mejor alternativa y luego de haber realizado la selección adecuada del material para la construcción de las partes requeridas para la Máquina Rectificadora de Superficies Planas, será necesario realizar el protocolo de pruebas, el cual se lo ejecutará una vez puesto en marcha el dispositivo.

Este protocolo es necesario y de suma importancia ya que se analizan aspectos tales como: el funcionamiento y la calidad.

En esta sección se plantea los documentos necesarios que garantizan el funcionamiento del mecanismo rectificador, mediante las siguientes pruebas:

6.1 PRUEBAS DE APARIENCIA.

En esta prueba se observa la presentación final del dispositivo rectificador, es decir los acabados, maquinado, formas y accesorios.

Los elementos a observar son:

- Sistema eléctrico.
- Mesa de operación y guías.
- Cadenas del contrapeso y protecciones laterales.
- Plato porta-herramientas.
- Eje principal.

6.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

En esta prueba se verifica de manera visual el funcionamiento de las partes rediseñadas, sin controlar valores dimensionales, ya que solo se puede determinar condiciones de conformidad.

Los parámetros a observar son los siguientes:

- Desplazamiento del cabezal.
- Ajuste del plato en el cabezal.
- Sistema de refrigeración.
- Desplazamiento de la mesa.

6.3 PRUEBAS DIMENSIONALES.

Las pruebas dimensionales se aplican al dispositivo una vez armado, y se tomará en cuenta para aquellas las siguientes especificaciones:

- Diámetro de eje principal.
- Paso del eje principal.
- Diámetro de la tuerca.
- Diámetro rosca helicoidal.
- Plato diámetro plato porta-herramientas.
- Acople del plato porta-herramientas.
- Caudal de la bomba de refrigeración

Para esta prueba se utilizará instrumentos de medición tales como calibrador o micrómetro, con una tolerancia entre 0,25 a 0,50mm; además de un cronómetro y una probeta de ensayo. Los formatos se encuentran como anexo, al final de la presente tesis.

CAPÍTULO VII

OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y LUBRICACIÓN DE MÁQUINA

7.1 RECTIFICADORA DE SUPERFICIES PLANAS, MANUAL DE OPERACIÓN

Importante: Comprender y analizar este instructivo son importantes para una buena operación de la máquina. Consultar la tabla de Dimensiones de Máquina (Fig. 7.1) para cualquier duda de operación.

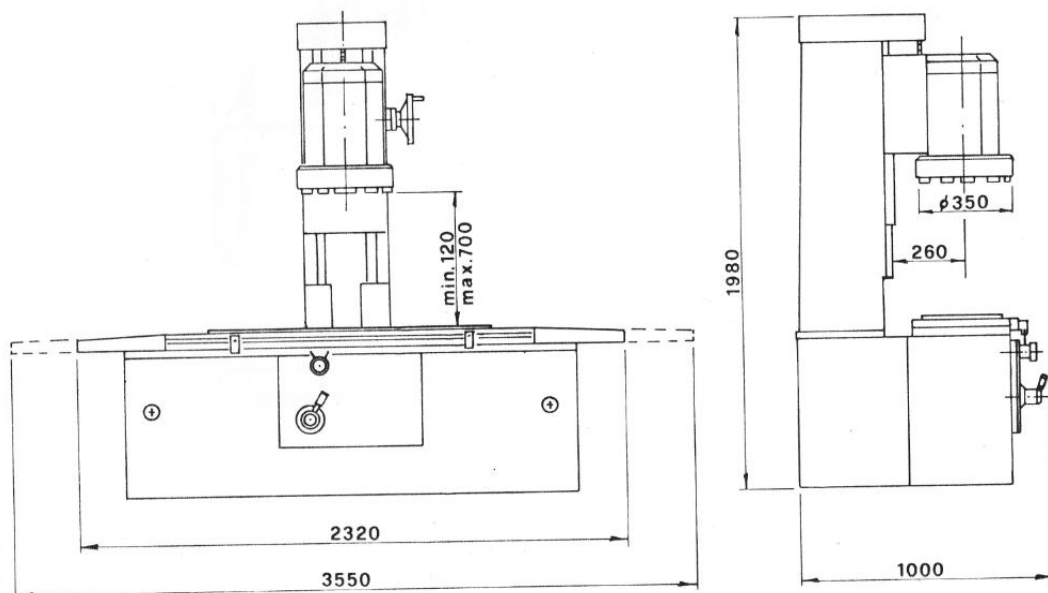


FIG. 7.1 DIMENSIONES DE MÁQUINA

7.1.1 EQUIPAMIENTO ESTÁNDAR.

- Rueda abrasiva segmentada 350mm; con 8 segmentos de abrasión de hierro fundido.
- Herramienta de aluminio 12 x 70mm.
- Dos soportes paralelos, altura 135 x 350mm con cilindros de placa de creación.

- Conjunto de bloques de sujeción por 6 cabezas de cilindros.
- Muela del cabezal.
- Sistema hidráulico con bomba eléctrica y unidad hidráulica con aceite.
- Sistema refrigerante con bomba eléctrica y tanque de drenaje.

7.1.2 EQUIPO RECOMENDADO.

- Dispositivos para velocidades tercera y cuarta, 200 y 400 rpm, con motor eléctrico 1 / 0.75hp
- 3 litros de líquido emulsible para ser mezclados con agua.
- Comparador centesimal con soporte.

7.1.3 SISTEMA DE CONTROL.

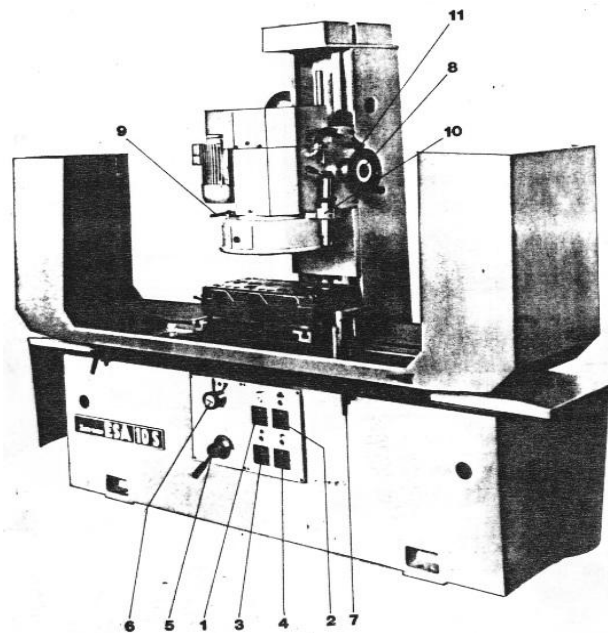


FIG. 7.2 SISTEMA DE CONTROL DE MÁQUINA

1. Interruptor General.

Alimenta de corriente a todo el sistema eléctrico de la máquina.

2. Velocidad de Rotación del Cabezal.

Girar el interruptor a 1, posición de rotación rápida de la rueda a 700rpm, mientras que en la posición 2 es a 1400 rpm.

3. Interruptor de Control de Mesa.

Al girar la perilla hacia la derecha la bomba hidráulica comenzará a controlar el movimiento alternativo de la mesa.

4. Interruptor de Control de la Bomba Eléctrica.

Al girar la perilla hacia la derecha la bomba eléctrica comenzará la circulación del refrigerante.

5. Palanca de Control para la Velocidad de la Mesa.

Al mover la palanca hacia la derecha, la velocidad de cambio de la mesa es modificada.

6. Volante para el Cambio Completo del Control de la Mesa de Alimentación.

Al desplazar el volante hacia la izquierda la mesa se moverá desde la izquierda hacia la derecha (del sitio del operador), cuando se desplace hacia la derecha se moverá de derecha a izquierda.

7. Bloques Movibles para Ajustar el Trazo de Mesa.

Deberían ser posicionados de acuerdo a la longitud de la superficie a trabajar.

8. Levantar Cabezal – Control del Volante.

Al mover el volante del cabezal (Fig. 7.3) hacia la dirección de las manecillas del reloj el cabezal se eleva, mientras que al mover el volante en sentido contrario al de las manecillas del reloj el cabezal se desplaza hacia abajo.

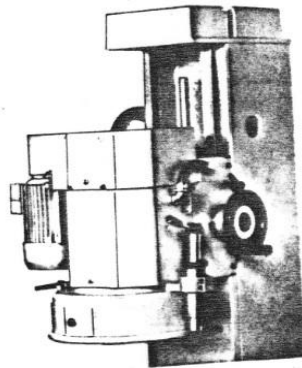


FIG. 7.3 VOLANTE DEL CABEZAL

9. Válvula de Líquido Refrigerante.

Regula la cantidad de líquido refrigerante.

10. Protector de Rueda.

Protege el disco al momento de la operación.

11. Dispositivo del Cabezal - Palanca de Bloqueo.

Inmovilizador.

7.2 LISTA DE PARTES.

Las (Fig. 7.4) y (Fig. 7.5) muestran las partes importantes de la máquina.

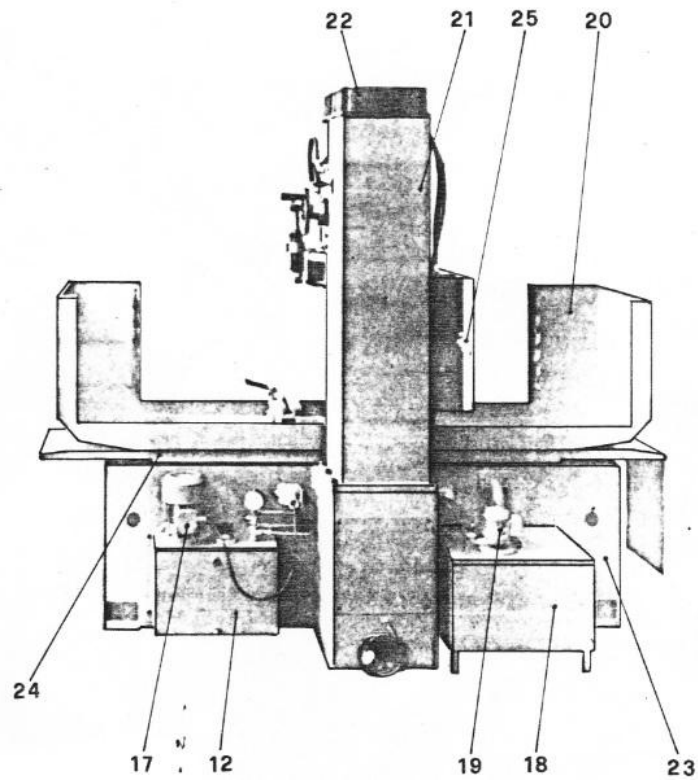


FIG. 7.4. PARTES DE MÁQUINA

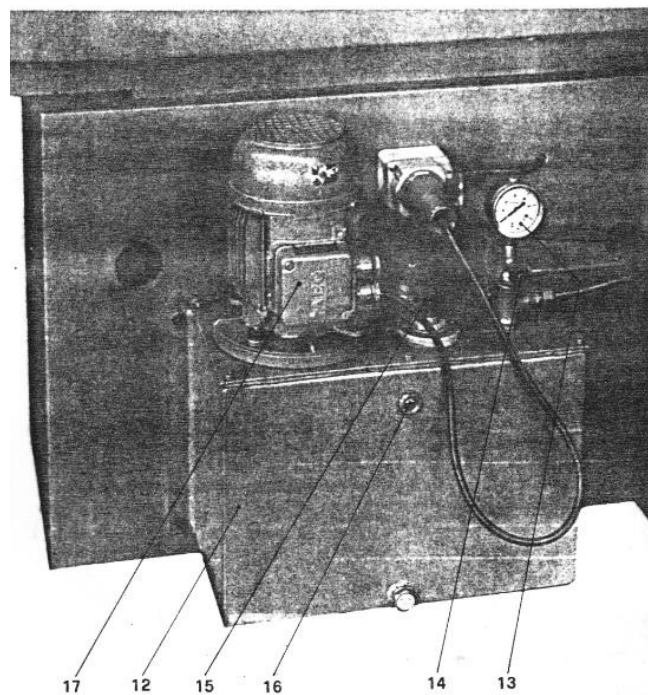


FIG. 7.5 UNIDAD HIDRÁULICA DE MÁQUINA

12. Unidad Hidráulica.

13. Reloj Comparador.

14. Reloj Comparador Excluyente.

15. Válvula Máxima.

16. Nivel de Aceite.

17. Motor de la unidad Electro – Hidráulica.

18. Tanque del Refrigerante.

19. Motor de la Bomba Eléctrica.

20. Protector Contra Salpicaduras.

21. Columna.

22. Tapa de Columna.

23. Bancada.

24. Mesa.

25. Caja Eléctrica.

7.3 LUBRICACIÓN.

7.3.1 GUÍAS DEL CABEZAL Y TORNILLO.

Las guías del cabezal son lubricadas a través de puntos localizados sobre los lados del mismo. La operación debería ser realizada de dos a tres veces por día para tener una película de aceite sobre ellas, siempre. Al tornillo hay que removerle la grasa desgastada.

7.3.2 GUÍAS DE BANCADA.

La lubricación se la realiza a través de rodillos inmersos en depósitos de aceite localizados en la bancada. Los depósitos deberán ser periódicamente revisados y llenados con aceite.

7.3.3 RODAMIENTOS DEL CABEZAL DE ABRASIÓN.

Engrasar las bolas del rodamiento a través de los orificios sobre el cabezal de abrasión cada 180 a 200 horas de operación.

7.3.4 UNIDAD HIDRÁULICA.

La unidad hidráulica tiene una capacidad de 25 litros de aceite. El primer cambio de aceite deberá ser realizado de 250 a 300 horas de operación, luego deberá ser cambiado cada 2500 a 2800 horas de operación. Después de drenar y antes de llenar de aceite el sistema, es recomendable limpiar el mismo con un solvente o equivalente y permitir que la máquina descanse o se acostumbre durante un par de horas.

7.3.5 REFRIGERANTE.

El refrigerante es mezclado con 97% de agua y 3% de aceite. Evitar cualquier tipo aceite de corte emulsible.

7.4 FUNCIONES Y CARACTERÍSTICAS

7.4.1 SISTEMA HIDRÁULICO.

La máquina tiene una unidad hidráulica, con un manómetro para revisar y calibrar la precisión exacta requerida para una buena operación de la máquina.

Para un buen aprovechamiento del sistema hidráulico, verificar periódicamente el indicador de nivel.

7.4.2 MESA TRANSVERSAL.

Optimizar la velocidad de la misma de acuerdo al trabajo requerido y en función del material a ser maquinado.

7.4.3 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.

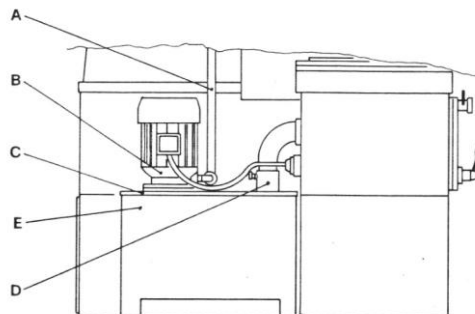


FIG. 7.6 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE MÁQUINA

El sistema de enfriamiento (Fig 7.6) consta de el tanque de enfriamiento **(E)** deberá estar localizado en la parte posterior de la máquina y tendrá una capacidad de 58 litros como máximo; verificar la conexión de la tubería **(A)** en la bomba **(B)**, la misma que debe estar fija a la guarda **(C)** e insertado el tubo **(D)** en el mismo. La preparación del líquido de refrigeración será 97% de agua y 3% de aceite no corrosivo. Ésta mezcla protege a la máquina y a la pieza a maquinar de la oxidación. Para un buen desarrollo de la bomba eléctrica, es necesario que el tanque se mantenga limpio y libre de obstrucciones mayores; se sugiere una inspección semanal.

7.5 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

7.5.1 IDENTIFICACIÓN DE CONTROLES Y COMPONENTES.

Las (Fig 7.7) y (Fig. 7.8) muestran los principales controles y accionamientos de máquina.



FIG. 7.7 ACCIONAMIENTOS PRINCIPALES



FIG. 7.8 ACCIONAMIENTOS DEL CABEZAL (DETALLE)



FIG. 7.9 SWITCH DE MANDO

N°	COMPONENTES	FUNCIÓN
1	Switch General	Alimenta la corriente en todo el sistema de la máquina.
2	Switch de la Velocidad de Giro	Girando el switch de la posición 1 a la velocidad de la base rotatoria es 700rpm; en la posición 2 es 1400rpm
3	Swich de Control de la Mesa	Girando el mando de la derecha la bomba hidráulica se enciende para controlar el movimiento longitudinal de la mesa.
4	Switch De Control Eléctrico de la Bomba	Girando el mando a la derecha la bomba del refrigerante se enciende haciéndolo circular.
5	Palanca de Velocidad de Avance de la Mesa	Girando la palanca hacia la derecha la velocidad de recorrido d la mesa aumenta.
6	Volante de Control del Recorrido Inverso de la Mesa	Desplazando el volante a la izquierda la mesa recorre de izquierda a derecha, y desplazando el volante a la derecha recorre de derecha a izquierda.
7	Bloques Móviles de la Mesa	Deben ser posicionados de acuerdo al largo de la superficie que será trabajada.
8	Volante de Control Elevación del Cabezal	Girando el volante en sentido horario el cabezal se levanta, girando en sentido antihorario el cabezal baja.
9	Grifo del Chorro de Lubricante	Direcciona el flujo de lubricante para el proceso de pulido.
10	Unidad de Corrección Segmentos de Piedra	Reviste la base giratoria en caso que este obstruida.
11	Palanca de Bloqueo del Recorrido del Cabezal	Evita el desplazamiento.

TABLA 7.1 CONTROLES Y COMPONENTES DE MÁQUINA

7.5.2 ESTADO ACTUAL DE LA MÁQUINA.

- a.** No posee problemas mayores, el switch de la velocidad de giro solo funciona en la posición 2 a 1400rpm
- b.** El promedio de duración de las piedras de corte es de 17 días de operación.

7.5.3 RECOMENDACIONES ANTES DE USO.

- a.** Retirar el recubrimiento de grasa de las partes a trabajarse, usar un solvente adecuado.
- b.** Superficies deben estar perfectamente limpias, cantidades mínimas de suciedad causan que la operación pierda exactitud.
- c.** El voltaje usado debe ser el mismo que se muestra en la placa de la máquina (220V)

7.6 INSTRUCCIONES DE LUBRICACIÓN.

7.6.1 LUBRICACIÓN DIARIA.

7.6.1.1 GUÍAS CABEZALES (A1).

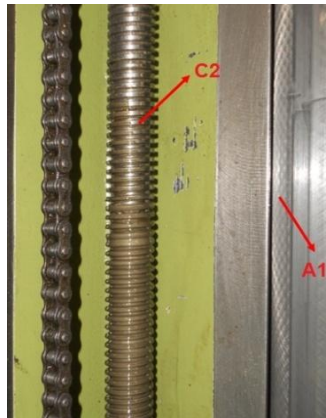


FIG. 7.10 GUÍAS CABEZALES

Deben ser lubricados a través de las mangueras de aceite, localizados sobre dichos cabezales.

a. Frecuencias de Lubricación: De 2 a 3 veces por día.

b. Lubricante Recomendado: Aceite mpa320 (Anexo Pág. 130)

7.6.2 LUBRICACIÓN SEMANAL.

7.6.2.1 GUÍAS MESA BASE (B1).

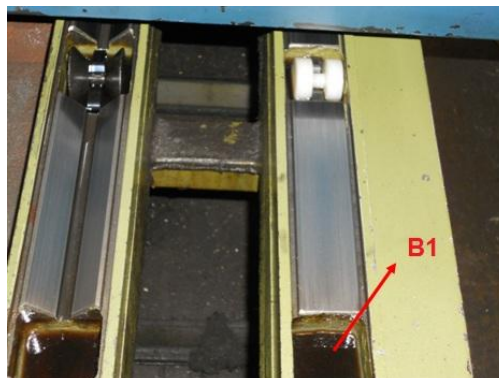


FIG. 7.11 GUÍAS MESA BASE

La lubricación se realiza por medio de la inmersión de los rodillos en contenedores de aceite colocados en la placa base.

a. Frecuencia de Lubricación: Los contenedores deben ser chequeados periódicamente y llenados con aceite (1 vez por semana).

c. Lubricante Recomendado: Aceite way68 (Anexo Pág. 134)

7.6.3 LUBRICACIÓN MENSUAL.

7.6.3.1 COJINETE DE BOLAS (C1).

Engrasar el cojinete de bolas a través de los agujeros del cabezal portahusillos.

a. Frecuencia de Lubricación: Engrasado recomendado cada 22 días de operación (1 vez por mes)

d. Lubricante Recomendado: Aceite mpa320 (Anexo Pág. 130)

7.6.3.2 TORNILLO CABEZAL (C2).

Retirar el seguro y engrasar el tornillo.

a. Frecuencia de Lubricación: 1 vez por mes.

e. Lubricante Recomendado: Aceite mpa320 (Anexo Pág. 130)

7.6.4 LUBRICACIÓN MÁS DE 1 AÑO.

7.6.4.1 UNIDAD HIDRÁULICA (D1).

La unidad hidráulica de 25 litros de capacidad, se muestra en la (Fig. 7.12)



FIG. 7.12 UNIDAD HIDRÁULICA

a. Frecuencia de Lubricación: El cambio de aceite recomendado cada 1 año y 3 meses.

b. Limpieza: Cuando se realice el cambio de aceite, después del vaciado limpiar el sistema con un solvente y dejar la máquina en reposo por una pocas horas y finalmente llenar con el nuevo aceite.

f. Lubricante Recomendado: Aceite rando68 (Anexo Pág. 132)

7.6.4.2 REFRIGERANTE (D2).



FIG. 7.13 DEPÓSITO DEL REFRIGERANTE

La mezcla del refrigerante es 97% agua y el restante 3% de aceite. Capacidad 58 litros en el depósito (Fig. 7.13)

a. Frecuencia de Lubricación: El cambio de aceite recomendado cada 1 año y 3 meses.

b. Lubricante Recomendado: No emulsionante.

7.7 CARACTERÍSTICAS DE USO

7.7.1 SISTEMA HIDRÁULICO.

Dentro del sistema hidráulico hay una válvula que mide la presión manométrica donde se debe chequear y calibrar la presión requerida para obtener una buena operación y condición de la máquina.

Es recomendable que la presión para el funcionamiento sea 18atm

Nivel de Aceite:

Si la mesa se mueve de manera irregular, se han formado burbujas de aire dentro del cilindro hidráulico.

Causas:

- a.** La máquina no ha sido usada por algún tiempo.
- b.** El nivel de aceite de la unidad hidráulica está por debajo de la línea mínima.

Normalidad:

Para regular la operación realizar las siguientes acciones.

- a.** Permitir que el pistón recorra hacia delante y hacia atrás a su máxima velocidad y recorrido.
- b.** Si la alimentación o movimiento de la mesa sigue de forma irregular, puede que la causa sea infiltraciones en las tuberías y guarniciones (accesorios) entonces se necesita la ayuda de un técnico que revise todo el sistema hidráulico.

7.8 MANEJO DE BLOCKS DE ALUMINIO Y HIERRO.

7.8.1 ALUMINIO.

- a.** Recomendación velocidad de giro 700rpm. Posición 1.
- b.** Avance para desbaste puede ser el máximo 5000mm/min
- c.** Avance para acabado igual o menor a 100mm/min

7.8.2 HIERRO.

Recomendación velocidad de giro 1400rpm

7.9 MEJORAMIENTO DEL RENDIMIENTO DE PIEDRA.

- a.** La velocidad de giro usada debe ser la máxima de 1400rpm
- b.** La velocidad de avance del material para el cepillado debe ser la máxima.
- c.** Para la última pasada se debe reducir la velocidad de la mesa; (posición 3)
- d.** Usar gran cantidad de lubricante.

CONCLUSIONES.

- Analizar de manera adecuada los esfuerzos presentes dentro de un elemento mecánico permite asegurar el buen funcionamiento del dispositivo en el que va a trabajar, es indispensable analizar los materiales así como los factores de seguridad necesarios para garantizar la durabilidad de las partes en el tiempo.
- Considerar las pérdidas dentro de un circuito hidráulico es muy importante, ya que afectan directamente con el suministro necesario de refrigeración en el sistema, así como en la justificación en la selección de la bomba.
- Adaptar un plato porta-herramientas permite aliviar la carga de trabajo de las muelas de corte, además que reduce el empastamiento del material y el desgaste en el medio abrasivo.
- En una máquina rectificadora como en toda máquina destinada a la producción existen muchos factores y consideraciones que hay que tener en cuenta para que el diseño sea óptimo y altamente confiable, por ejemplo: el desplazamiento uniforme y estable a lo largo del eje principal, el desplazamiento de la mesa, la estabilidad de trabajo en el plato porta-herramientas, etc.
- Para la fabricación de las piezas constitutivas se analizó las diferentes propiedades físico-químicas del material, escogiendo con mayor prioridad a las fabricadas en la industria ecuatoriana.
- El rediseño y puesta en marcha del dispositivo cumple con los requerimientos de la Empresa Rectificadora Pazmiño S.A., al mecanizar blocks mediante muela abrasiva y útil de corte con refrigeración constante.

RECOMENDACIONES.

- Es necesario cumplir con las condiciones adecuadas de trabajo, así como los planes de mantenimiento oportunos, ya que al aplicarlos se aprovechará al máximo la eficiencia del dispositivo rectificador, así como la observación y control de los parámetros necesarios para un buen funcionamiento del equipo.
- Para los diferentes tipos de maquinado se debe observar las velocidades y avances de corte requeridas, ya que una manipulación defectuosa podría ser perjudicial para los elementos más vulnerables, tales como el plato de fundición, el útil de corte, el block a maquinarse, etc.
- Cumplir con los cambios de aceite respectivos, tanto para guías de movilidad como para el sistema hidráulico de la mesa, de esto depende el buen funcionamiento del equipo y evita a futuro la falla de elementos y accesorios por presencia de partículas indeseables.
- Es muy importante mantener la refrigeración adecuada en las muelas abrasivas así como en el útil de corte durante la operación, ya que garantiza la estabilidad en el maquinado así como en la calidad superficial del elemento.

TERMINOLOGÍA.

Avellanado: Hundimiento cónico alrededor de un agujero en el cual se alojará la cabeza de un tornillo (cabeza avellanada) para que quede a ras de superficie. El avellanado se realiza con una broca especial llamada avellanador.

Blocks de Motores: Es la parte base en donde se montan los demás componentes del motor y es la que contiene a los cilindros y el circuito de refrigeración. Actualmente se fabrican en una aleación de aluminio liviana cuyos principales aleantes son el silicio y el hierro o el silicio y el cobre. El uso de este material reemplazo al de la fundición de hierro utilizado anteriormente por su principal ventaja de tener una densidad mucho menor, lo que se traduce en un ahorro significativo de energía.

Celuloide: Los empleos de esta materia plásticas son infinitos gracias a la facilidad de elaboración y resistencia. Todos los objetos obtenidos con la Celuloide se elaboran a partir de semielaborados, tales como planchas, hojas, bastones, tubos, cintas, etc. La Celuloide se puede: cepillar, cortar, laminar, plegar, perforar, estirar, torneear, estampar a presión, cocida, enclavada, o engrapada, también se puede modelar calentándola simplemente con agua caliente o aire caliente; se puede encolar y decorar en superficie.

Escala de Mohs: Es una relación de diez materiales ordenados en función de su dureza, de menor a mayor. Se utiliza como referencia de la dureza de una sustancia. Fue propuesta por el geólogo alemán Friedrich Mohs en 1825 y se basa en el principio que una sustancia dura puede rayar a una sustancia más blanda, pero no es posible lo contrario.

Estanqueidad: Es la posibilidad de crear una superficie por donde no acceda el agua al interior del material.

Factor de Fricción: Es un número adimensional que depende del número de Reynolds y de la rugosidad relativa de la tubería. Para el cálculo de este factor se utiliza el Diagrama de Moody.

Fricción: La resistencia al deslizamiento con respecto al movimiento relativo de dos cuerpos en contacto.

Lapeado: Es una operación de mecanizado en la que se frotan dos superficies con un abrasivo de grano muy fino entre ambas, para mejorar el acabado y disminuir la rugosidad superficial.

Número de Reynolds: El cociente de las fuerzas inerciales por las fuerzas viscosas de un fluido se denomina número de Reynolds. Este parámetro adimensional determina si un fluido es laminar o turbulento.

Plato Magnético: Son utilizados principalmente en máquinas herramientas para asegurar la inmovilidad de piezas en el maquinado.

Porta-Herramientas: Barra que sostiene las herramientas de corte en el mecanizado de metales. Mordaza mediante la cual una herramienta se sostiene de forma apropiada para una determinada operación.

Teorema de Bernoulli: Fue expuesto por Daniel Bernoulli en su obra Hidrodinámica (1738) y expresa que en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido.

Viscosidad Cinemática: La relación entre la viscosidad dinámica y la densidad de un fluido se denomina viscosidad cinemática.

Viscosidad Dinámica: El coeficiente de fricción interno de un fluido es una propiedad del fluido que se denomina viscosidad dinámica. La viscosidad es la resistencia que pone un fluido para fluir de un lugar a otro. La viscosidad dinámica de los fluidos varía sustancialmente con la temperatura.

BIBLIOGRAFÍA.

- **Libros Consultados:**

LUZURIAGA Jorge; *Diseño para la Elaboración de Plan de Tesis*, Segunda Edición, Quito Ecuador, 2002.

NAYLER J. L; *Diccionario de Ingeniería Mecánica*, Segunda Edición, Ediciones Grijalbo S.A. Barcelona, Traducción.

SHIGLEY; *Diseño en Ingeniería Mecánica*, 8 Edición, Editorial Mc Graw Hill, México 2008.

MOTT, Robert; *Mecánica de Fluidos*, Editorial Mc Graw Hill, 6ta. Edición.

LARBURU N.; *Máquinas Prontuario*, Paraninfo, 13 Edición, 2008.

- **Páginas Web:**

http://www.emc.uji.es/d/mecapedia/tornillo_de_potencia.htm

http://es.wikipedia.org/wiki/Lapeado#cite_ref-0

<http://www.geocities.com/usmindustrial/Fundicion.htm>

http://es.wikipedia.org/wiki/Escalas_de_dureza

http://es.wikipedia.org/wiki/Bloque_motor

<http://www.esi2.us.es/IMM2/Pract-html/y2.html>

http://www.metalactual.com/revista/10/procesos_fundicion.pdf

<http://materias.fcyt.umss.edu.bo/tecno-II/PDF/cap-17.pdf>

<http://es.mimi.hu/hogar/avellanado.html>

http://es.wikipedia.org/wiki/Teorema_de_Bernoulli_%28f%C3%ADsica%29

http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI_4140.pdf

<http://mectoolind.com/Barras-de-bronce.html>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Mecanizado>

http://es.wikipedia.org/wiki/Qu%C3%ADmica_de_los_pol%C3%ADmeros

http://www.metalactual.com/revista/8/procesos_torno.pdf

<http://es.scribd.com/doc/23931304/Perdidas-de-Energia-de-Accesorios>

<http://www.cenam.mx/cursos/Temarios2006%5C36-06.pdf>

<http://www.cenam.mx/cmu-mmc/Que%20son%20MMC.htm>

<http://www.upacifico.edu.ec/esp/Archivos/Operaciones%20y%20Servicios.pdf>

http://materias.fi.uba.ar/6712M/tolerancias_geometricas.pdf

<http://www.construmatica.com/construpedia/Estanqueidad>

<http://es.scribd.com/doc/3320196/6-simbolos-superficiales>

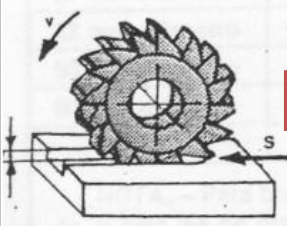
CRONOGRAMA TESIS BUÑAY-PAZMIÑO	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6				MES 7				MES 8			
	DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ACTIVIDADES																																
Planteamiento del tema																																
Denuncia del tema																																
Colización de materiales																																
Compra de materiales																																
Construcción perno porriz																																
Construcción plato porta-herramientas																																
Diseño y montaje del sistema de refrigeración																																
Ensamblaje																																
Puesta en marcha																																
Acabado final																																
Elaboración de planos y tesis final																																
Tutorías																																

ANEXOS

Velocidades de corte y avance para mecanizados en acero con herramientas de acero rápido.

Aceros designación AISI/SAE	Dureza Brinell	Material de la herramienta										
		Acero rápido	Carburo tungsteno			Carburo tungsteno recubierto		Cerámica metálica recubierta		Cerment		
			Velocidad de corte	Va= avance (0.0254mm Rev.)					Vc= velocidad de corte (m/min.)			
					min.	Max	min.	Max	min.	Max	min.	Max
1010, 1016, 1020, 1024, 1026	100-125	37	Va	0,42	0,23	0,42	0,23	0,42	0,23	0,178	0,762	
			Vc	120	160	140	180	547	817	454	553	
1030, 1035, 1040, 1045	225-275	24	Va	0,432	0,203	0,432	0,203	0,711	0,33	-	-	
			Vc	80	120	230	293	357	500	-	-	
4140, 4150	250-300	20	Va	0,431	0,203	0,431	0,203	0,254	0,127	0,177	0,076	
			Vc	60	80	192	259	375	460	218	279	
4340, 8620	225-275	21	Va	0,431	0,203	0,431	0,203	0,177	0,076	0,177	0,076	
			Vc	45	70	192	259	302	369	218	279	

Velocidades de corte y avance para operaciones de fresado.

Operacion de fresado	Material	Desbastado		Acabado		Observaciones
		Velocidad	Desplaza- miento	Velocidad	Desplaza- miento	
		v m/min	5 mm/min	v m/min	5 mm/min	
		Profundidad de pasada ≈ 5 mm		Profundidad de pasada ≈ 1 mm		
<div></div> <div>Fresas de disco</div>	Acero no aleado	12...16	26...34	18...24	20...30	Valores contraavance para perfil simple y fresado normal.
	Acero ligeramente aleado	10...14	18...24	14...18	15...20	
	Fundición gris	14...16	35...45	16...22	25...35	
	Latón, bronce	26...32	50...65	30...40	35...35	
	NOTA.—Se considerarán valores iguales a los indicados en opera- ciones de fresado similares a las expuestas.					

Velocidades de corte y avance para operaciones de taladrado.

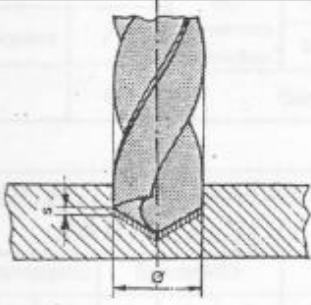


Diagrama de un taladro perforando un material. Se muestra la broca, el avance (s) y el diámetro (Ø).

VALORES INDICATIVOS						
Material	Velocidad de corte v m/min	Diámetro de la broca				Refrigeración-lubricación
		5	12	25	40	
		Avance por vuelta, s mm.				
Acero 45 kg/mm ²	25...40	0,10	0,20	0,30	0,40	Emulsión de aceite soluble
Acero 60 kg/mm ²	25...32	0,10	0,18	0,27	0,35	Emulsión de aceite soluble
Acero 85 kg/mm ²	20...28	0,08	0,15	0,24	0,32	Emulsión de aceite soluble
Acero 90-110 kg/mm ²	12...20	0,06	0,20	0,20	0,28	Emulsión de aceite soluble
Acero 150 kg/mm ²	8...15	0,04	0,10	0,16	0,24	Aceite de corte
Acero fundido 50 kg/mm ²	20...35	0,15	0,25	0,40	0,55	Emulsión de aceite soluble
Acero fundido 50-80 kg/mm ²	15...25	0,10	0,20	0,30	0,40	Emulsión de aceite soluble
Fundición gris	20...35	0,15	0,25	0,40	0,55	En seco
Fundición dura	15...25	0,10	0,18	0,28	0,38	En seco
Cobre	30...70	0,12	0,20	0,28	0,36	Aceite soluble
Latón	40...80	0,10	0,20	0,30	0,40	En seco
Latón duro	30...70	0,15	0,25	0,35	0,45	En seco
Bronce	30...70	0,10	0,20	0,30	0,40	Aceite soluble
Aleaciones de aluminio	80...120	0,15	0,25	0,35	0,45	Aceite soluble o en seco
Aleaciones duras de aluminio	100...160	0,15	0,25	0,40	0,55	Aceite soluble con petróleo
Aleaciones de magnesio	120...175	0,30	0,45	0,60	0,75	En seco
Plásticos	30...40	según observaciones				Aire comprimido

Propiedades mecánicas del acero AISI 4140.

1	2	3	4	5	6	7	8
AISI núm.	Tratamiento	Temperatura, °C (°F)	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la cedencia, MPa (kpsi)	Elongación, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
4140	T&R	425(800)	1 250(181)	1 140(165)	13	49	370
	T&R	540(1 000)	951(138)	834(121)	18	58	285
	T&R	650(1 200)	758(110)	655(95)	22	63	230
	Normalizado	870(1 600)	1 020(148)	655(95)	18	47	302
	Recocido	815(1 500)	655(95)	417(61)	26	57	197
4340	T&R	315(600)	1 720(250)	1 590(230)	10	40	486
	T&R	425(800)	1 470(213)	1 360(198)	10	44	430
	T&R	540(1 000)	1 170(170)	1 080(156)	13	51	360
	T&R	650(1 200)	965(140)	855(124)	19	60	280

Composición química de aleaciones de bronce SAE/AISI.

Composición Química de aleaciones de Bronce SAE/AISI (%)				
Elemento	SAE-660	SAE-62	SAE-64	SAE-65
Cobre	83	86-89	78-82	89
Estaño	7	9-11	9-11	9
Plomo	7	0.3	8-11	0
Zinc	3	1-3	0.75	0
Níquel	0	1	0.75	0
Hierro	0	0.15	0.15	0
Fósforo	0	0.05	0.05	0
Antimonio	0	0	0.55	0

Pérdidas de energía en accesorios comunes.

Accesorios	K	L/D
Válvula esférica (totalmente abierta)	10	350
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5	175
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2.5	-
Válvula de retención (totalmente abierta)	2	135
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0.2	13
Válvula de compuerta (abierta $\frac{3}{4}$)	1.15	35
Válvula de compuerta (abierta $\frac{1}{2}$)	5.6	160
Válvula de compuerta (abierta $\frac{1}{4}$)	24.0	900
Válvula de mariposa (totalmente abierta)	-	40
"T" por la salida lateral	1.80	67
Codo a 90° de radio corto (con bridas)	0.90	32
Codo a 90° de radio normal (con bridas)	0.75	27
Codo a 90° de radio grande (con bridas)	0.60	20
Codo a 45° de radio corto (con bridas)	0.45	-
Codo a 45° de radio normal (con bridas)	0.40	-
Codo a 45° de radio grande (con bridas)	0.35	-

Propiedades físicas del agua.

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA					
Temperatura (°C)	Peso específico (kN/m ³)	Densidad (kg/m ³)	Módulo de elasticidad (kN/m ²)	Viscosidad dinámica (N·s/m ²)	Viscosidad cinemática (m ² /s)
0	9,805	999,8	$1,98 \cdot 10^6$	$1,781 \cdot 10^{-3}$	$1,785 \cdot 10^{-6}$
5	9,807	1000,0	$2,05 \cdot 10^6$	$1,518 \cdot 10^{-3}$	$1,519 \cdot 10^{-6}$
10	9,804	999,7	$2,10 \cdot 10^6$	$1,307 \cdot 10^{-3}$	$1,306 \cdot 10^{-6}$
15	9,798	999,1	$2,15 \cdot 10^6$	$1,139 \cdot 10^{-3}$	$1,139 \cdot 10^{-6}$
20	9,789	998,2	$2,17 \cdot 10^6$	$1,102 \cdot 10^{-3}$	$1,003 \cdot 10^{-6}$
25	9,777	997,0	$2,22 \cdot 10^6$	$0,890 \cdot 10^{-3}$	$0,893 \cdot 10^{-6}$
30	9,764	995,7	$2,25 \cdot 10^6$	$0,708 \cdot 10^{-3}$	$0,800 \cdot 10^{-6}$
40	9,730	992,2	$2,28 \cdot 10^6$	$0,653 \cdot 10^{-3}$	$0,658 \cdot 10^{-6}$
50	9,689	988,0	$2,29 \cdot 10^6$	$0,547 \cdot 10^{-3}$	$0,553 \cdot 10^{-6}$
60	9,642	983,2	$2,28 \cdot 10^6$	$0,466 \cdot 10^{-3}$	$0,474 \cdot 10^{-6}$

Rugosidad de conductos.

Material	Rugosidad, ϵ (m)	Rugosidad, ϵ (pie)
Vidrio, plástico	Suavidad	Suavidad
Cobre, latón, plomo (tubería)	1.5×10^{-6}	5×10^{-6}
Hierro fundido: sin revestir	2.4×10^{-4}	8×10^{-4}
Hierro fundido: revestido de asfalto	1.2×10^{-4}	4×10^{-4}
Acero comercial o acero soldado	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Hierro forjado	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Acero remachado	1.8×10^{-3}	6×10^{-3}
Concreto	1.2×10^{-3}	4×10^{-3}

Tolerancias geométricas.

TIPO DE TOLERANCIA	CARACTERÍSTICAS	SÍMBOLO
Forma	Rectitud	—
	Planicidad	
	Redondez	
	Cilindricidad	
	Forma de una línea	
	Forma de una superficie	
Orientación	Paralelismo	
	Perpendicularidad	
	Inclinación	
Situación	Posición	
	Concentricidad y Coaxialidad	
	Simetría	
Oscilación	Circular	
	Total	

Estados superficiales, rugosidades.

Valor de la rugosidad Ra		Clase de rugosidad	Signo de mecanizado equivalente (antiguo)
μm	μin		
50 25	2.000 1.000	N 12 N 11	~
12,5 6,3	500 250	N 10 N 9	▽
3,2 1,6	125 63	N 8 N 7	▽▽
0,8 0,4	32 16	N 6 N 5	▽▽▽
0,2 0,1 0,05 0,025	8 4 2 1	N 4 N 3 N 2 N 1	▽▽▽▽

Lubricantes recomendados.



MEROPA

68, 100, 150, 220, 320, 460, 680, 1000

Meropa es una serie de aceites lubricantes formulados con básicos minerales y aditivos de extrema presión, a base de azufre y fósforo, para la lubricación de engranajes industriales cerrados.

APLICACIONES

La serie Meropa está recomendada para la lubricación de reductores y engranajes industriales cerrados, operando en situación de elevada carga de choque.

La serie Meropa debe ser utilizada siempre que sean requeridos aceites AGMA EP.

Puede ser utilizada cuando sean requeridos aceites para engranajes con aditivación EP (extrema presión)

Para la lubricación de reductores Flender o Renk Zanini utilizar la serie Meropa WM.

La serie Meropa¹ atiende:

- **Requerimientos de aceites para engranajes industriales**
 - AGMA 9005 (y consecuentemente la clasificación anterior AGMA 250.04)
 - Cincinnati Machine P-63 (ISO 68); P-77 (ISO 150); P-74 (ISO 220); P-59 (ISO 320); P-35 (ISO 460)
 - U.S Steel 224
- **Requerimientos de aceites para sistemas circulatorios**
 - DIN 51517/3

BENEFICIOS

La serie Meropa proporciona:

- **Eficiencia del sistema** — su aditivación de extrema presión de alta estabilidad térmica, mantiene limpios los engranajes y la superficie de los cojinetes, minimizando la formación de depósitos, permitiendo una lubricación efectiva aún en condiciones severas de servicio.
- **Protección contra herrumbre y corrosión** — los inhibidores protegen las superficies evitando desgastes prematuros.
- **Buena demulsibilidad** — permitiendo fácil separación del agua en sistemas circulatorios.
- **Baja formación de espuma** — en función de su característica de rápida liberación de aire, garantizando la operación adecuada del equipo.
- **Compatibilidad con sellos**
- **Resistencia a la formación de lodos**
- **Adecuación ambiental** — su exclusiva aditivación de extrema presión está exenta de compuestos a base de plomo.

MANEJO:

Para información sobre seguridad en el manejo de este producto, referirse a la hoja de seguridad o contacte con su representante de ventas.

¹. productos manufacturados en:
Argentina (ISO 68, 100, 150, 220, 320, 460 y 680)
Chile (ISO 68, 100, 150, 220, 320, 460 y 680)
Colombia (ISO 68, 100, 150, 220, 320, 460 y 680)
Ecuador (ISO 68, 100, 150, 220, 320, 460, 680 y 1000)
El Salvador (ISO 68, 100, 150, 220, 320 y 460)
Peru (ISO 68, 100, 150, 220, 320 y 460)
Venezuela (ISO 150, 220, 320, 460 y 680)

24 Mayo 2006

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS:

Grado ISO	Método ASTM	68	100	150	220
Código de producto	-	2319	2601	2320	2321
Código de hoja de seguridad MSDS	-	-	-	-	-
Grado AGMA	-	2 EP	3 EP	4 EP	5 EP
Densidad @ 15,5 °C, g/cm ³	D-4052	0,877	0,886	0,896	0,897
Viscosidad cinemática cSt @ 40 °C cSt @ 100 °C	D-445	69,0 8,8	101,9 11,4	153,8 15,0	222,8 19,1
Índice de viscosidad	D-2270	100	97	97	97
Punto de inflamación, °C	D-92	220	225	240	245
Punto de fluidez, °C	D-97	- 21	- 17	- 18	- 18
Timken, carga OK, Lbs	D-2782	65	65	65	65

Grado ISO	Método ASTM	320	460	680	1000
Código de producto	-	2324	2325	2342	2343
Código de hoja de seguridad MSDS	-	-	-	-	-
Grado AGMA	-	6 EP	7 EP	8 EP	8A EP
Densidad @ 15,5 °C, g/cm ³	D-4052	0,897	0,899	0,908	0,898
Viscosidad cinemática cSt @ 40 °C cSt @ 100 °C	D-445	318,0 23,8	457,3 30,1	683,1 35,9	995,4 45,5
Índice de viscosidad	D-2270	95	95	85	86
Punto de inflamación, °C	D-92	250	255	260	260
Punto de fluidez, °C	D-97	- 15	- 15	- 12	- 12
Timken, carga OK, Lbs	D-2782	65	65	65	65

Las características típicas son valores promedio. En la manufactura se pueden encontrar ligeras variaciones las cuales no afectan la calidad del producto, ni el rendimiento.



TEXACO RANDO® HD

22, 32, 46, 68, 100, 150, 220

BENEFICIOS PARA EL CLIENTE

Texaco Rando HD proporciona valor a través de:

- **Vida útil del equipo más larga** — Si paquete anti desgaste especial reduce el desgaste mediante la protección de superficies cuando la carga provoca la falla de la película de lubricante.
- **Reducción en el tiempo de reparación** — Su efectivo inhibidor de herrumbre y oxidación evita la producción de partículas abrasivas en la formación de herrumbre, así como depósitos, barnices y lodos derivados de las fallas en el aceite, las cuales pueden dañar las superficies y juntas del equipo y bloquear los filtros de forma prematura.
- **Operación libre de problemas** — Sus características de buena estabilidad hidrolítica y de separación del agua proporcionan excelente filtrabilidad en la presencia de contaminación por agua. Sus buenas propiedades anti-espuma y de liberación de aire aseguran una operación suave y eficiencia del sistema.
- **Vida extendida de servicio del aceite** — Su alta estabilidad a la oxidación resiste el engrosamiento del aceite y la formación de depósitos en servicio, eliminando la necesidad del cambio no programado del fluido hidráulico.

CARACTERÍSTICAS

Texaco Rando HD ISO 32, 46 y 68 están diseñados para dar una máxima protección de las bombas hidráulicas en sistemas móviles y estacionarios.

Texaco Rando HD ISO 100, 150, y 200 están diseñados para todo tipo de aplicaciones de lubricantes en donde se requiere un lubricante premium anti desgaste en su grado de viscosidad ISO, como un Lubricante para Engranajes AGMA o lubricación de maquinaria en general.

Texaco Rando HD oils proporcionan excelente:

- protección anti-desgaste
- inhibición de oxidación y corrosión
- supresión de espuma y aereación

Bajo cargas y temperaturas moderadas, el alto índice de viscosidad de Texaco Rando HD oils asegura buena fuerza de película entre las superficies de metal, la cual es resaltada por la protección del aditivo anti-desgaste.

APLICACIONES

Texaco Rando HD ISO 32, 46, o 68 son recomendados para:

- bombas vane-, de pistón-, o de engranes, especialmente cuando las presiones exceden las 1000 psi
- compresores reciprocantes ligeramente cargados
- motores y chumaceras

Texaco Rando HD ISO 100, 150, o 220 son recomendados para:

- engranajes de reducción de equipos hidráulicos
- compresores de aire reciprocantes
- chumaceras sencillas y antifricción
- sistemas de aceite circulante

Texaco Rando HD oils satisfacen los requerimientos de:

- **Vickers** I-286-S, M-2950-S, 35VQ-25 (ISO 32, 46, 68)
- **Cincinnati Machine** P-68 (ISO 32), P-70 (ISO 46), P-69 (ISO 68)
- **Denison** HF-0/T6C, HF-2 (ISO 32, 46, 68)
- **ANSI/AGMA 9005-D94, Industrial Gear Lubrication**, para lubricación de engranajes como aceites para engranajes con inhibición de herrumbre y oxidación (ISO 46, 68, 100, 150, 220)
- (discontinúo en 1998) del **Departamento de Agricultura de los EE. UU (USDA)** para el uso en la carne y aves caseras federalmente inspeccionadas planta como lubricantes H2 con ningún contacto de alimento

No se utilice en sistemas de alta presión en la cercanía del fuego, chispas o superficies calientes. Use solamente en áreas bien ventiladas. Mantenga el contenedor cerrado.

©2002-2005 ChevronTexaco Products Company-San Ramon, CA. Todos los derechos reservados.

A ChevronTexaco Company

11 mayo 2005

IO-22105s

INFORMACIÓN DE PRUEBAS TÍPICAS

	22	32	46	68	100	150	220
Número CPS	221655	221657	221658	221659	222778	221660	221661
Número MSDS	8643	8643	8643	8643	12195	12195	12195
Grado AGMA	—	—	1	2	3	4	5
Gravedad API	33.7	32.6	31.8	31.6	30.1	29.7	28.5
Viscosidad, Cinemática cSt a 40°C cSt a 100°C	23.1 4.4	30.4 5.2	43.7 6.5	64.6 8.4	95.0 11.0	143 14.2	209 18.2
Viscosidad, Saybolt SUS a 100°F SUS a 210°F	120 41	157 44	225 48	334 54	495 64	751 76	1105 93
Índice de Viscosidad	98	99	97	98	100	97	96
Punto de Inflamación, °C(°F)	177(351)	220(428)	226(439)	235(455)	250(482)	260(500)	271(520)
Punto de Escurrimiento, °C(°F)	-36(-33)	-33(-27)	-30(-22)	-30(-22)	-15(+5)	-12(+10)	-12(+10)
Estabilidad a la Oxidación Horas para 2.0 mg KOH/g número ácido ASTM D 943	>6000	>6000	>6000	>6000	>2000	>1500	>1000

Los datos de pruebas típicas son solamente valores promedio. Pueden encontrarse variaciones menores en fabricación normal, las cuales no afectan el desempeño del producto.



CHEVRON WAY LUBRICANTS

ISO 32, 68, 220

BENEFICIOS PARA EL CLIENTE

Chevron Way Lubricants proporcionan valor a través de:

- **Excelente separación de refrigerantes de metalurgia** — La prueba de separación de refrigerante SKC (SKC Gleittechnik) mostró una excelente separación de una gran variedad de refrigerantes comerciales después de una hora.
- **Humo reducido** — La separación mejorada de los refrigerantes reduce el aceite atrapado que puede promover el humo en las aplicaciones de metalurgia.
- **Excelente adhesión** — El agente de pegajosidad reduce el escurrimiento y ayuda a recortar los costos de lubricación.
- **Movimiento suave de herramientas** — Su bajo coeficiente de fricción estática elimina los movimientos irregulares de las herramientas eléctricas las cuales tienen hierro fundido o plástico moviéndose sobre hierro fundido.
- **Desempeño multi-propósito** — Puede ser utilizado como lubricantes de propósitos generales para lubricación de engranes, herramientas de aire y aceitado manual, así como lubricación de tornos.

CARACTERÍSTICAS

Chevron Way Lubricants son lubricantes de alta calidad, diseñados para satisfacer las demandas críticas de lubricación para las barras y toboganes de las herramientas eléctricas.

Chevron Way Lubricants están formulados con stocks base de alta calidad y un sistema aditivo que proporciona protección contra presión extrema y anti-desgaste, supresión de espuma, estabilidad térmica y demulsificación.

Estos lubricantes proporcionan una cualidad adhesiva o pegajosa inusual. Chevron Way Lubricants reducen el escurrimiento y se adhieren a las superficies de metal proporcionando una película tenaz de lubricante. Debido a su adhesividad, estos aceites forman una capa tenaz que resiste ser retirada por el lento movimiento de las superficies paralelas del deslizadero o ser deslavadas por los fluidos cortantes.

Chevron Way Lubricants están modificados en fricción para satisfacer las rigurosas demandas de lubricación para las barras y toboganes de las herramientas. Su bajo coeficiente inherente de fricción estática, elimina los movimientos irregulares de las partes en las herramientas eléctricas, los cuales incrementan la eficiencia de operación de las herramientas y suavizan la operación general.

Chevron Way Lubricants proporcionan excelente separación del aceite de los refrigerantes de metalurgia en el depósito, reduciendo las afectaciones adversas del aceite atrapado sobre la estabilidad del refrigerante.

Sus propiedades anti-desgaste y de presión extrema protegen las superficies deslizantes.

Estos aceites protegen las superficies de hierro fundido y bronce contra la herrumbre y corrosión, y son resistentes a la oxidación para proporcionar una larga vida del lubricante.

APLICACIONES

Chevron Way Lubricants han probado excelencia en la lubricación de resbaladeras en muchos tipos de maquinaria, e.g. tornos, aplanadoras, formadoras, máquinas de perforación y punción, etc., incluyendo aquellas operando con cargas pesadas. Chevron Way Lubricants han sido probados en campo exitosamente en maquinaria Okuma y Moriseiki.

Estos aceites de desempeñan bien en la lubricación de engranes cerrados y todo tipo de planos industriales y cojinetes antifricción. Además, su calidad pegajosa hace a estos aceites adecuados para aplicaciones de una sola vez, e.g. lubricación de cadenas de transmisión.

Chevron Way Lubricants:

- satisfacen los requerimientos de **MAG Cincinnati, Cincinnati Machine** bajo sus especificaciones P-53 (ISO 32), P-47 (ISO 68), y P-50 (ISO 220) para lubricantes resbaladeras.
- **General Motors** Especificación LS2, LH para líquidos hidráulicos anti uso (ISO 68, 220)

Chevron Way Lubricants — Continuación

INFORMACIÓN DE PRUEBAS TÍPICAS

	32	68	220
Número de producto	277315	273110	273111
Número MSDS	23583	23583	23583
Grado AGMA	0	2	5
Gravedad API	32.9	31.0	28.5
Viscosidad, Cinemática cSt a 40°C cSt a 100°C	33.6 5.8	64.6 8.6	209 18.8
Viscosidad, Saybolt SUS a 100°F SUS a 210°F	173 45.7	334 55.2	1102 95.9
Índice de Viscosidad	115	104	100
Punto de Inflamación, °C(°F)	229(428)	250(482)	264(507)
Punto de Escurrimiento, °C(°F)	-18(0)	-18(0)	-15(+5)

Los datos de pruebas típicas son solamente valores promedio. Pueden encontrarse variaciones menores en fabricación normal, las cuales no afectan el desempeño del producto.

12 marzo 2009
IO-278s

PRUEBA DE APARIENCIA
DESCRIPCIÓN: VERIFICACIÓN DE APARIENCIA

ITEM	ESPECIFICACIÓN	INSTRUMENTO DE VERIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	RANGO DE LA MEDICIÓN	APROBADO
1	Sistema eléctrico	Visual	Observar caja de protección, fusibles, cables	Pintura, ajustes, empalmes	
2	Mesa de operación y guías	Visual	Observar la lubricación y el desplazamiento	Verticales, horizontales	
3	Cadenas del contrapeso y protecciones.	Visual	Observar el acabado y el desplazamiento uniforme	Lubricación, engrase, recorrido	
4	Plato porta-herramientas	Visual	Observar el acabado y el ajuste	Aristas, acoples y ajustes	
5	Eje principal	Visual	Observar el acabado y el desplazamiento uniforme	Chaftlanes y roscas	

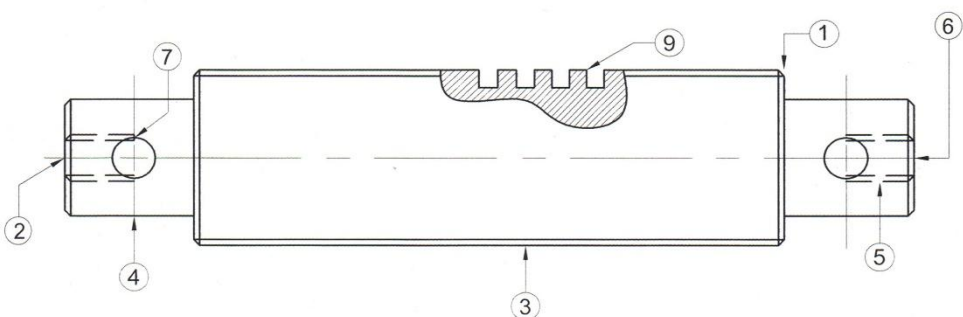

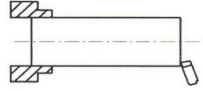
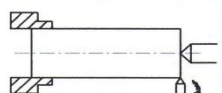

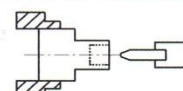
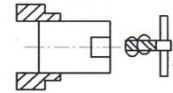
PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO
DESCRIPCIÓN : VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO

ITEM	ESPECIFICACIÓN	INSTRUMENTO DE VERIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	RANGO DE LA MEDICIÓN	VALORES		APROBADO
					REAL	MEDIDO	
1	Desplazamiento del cabezal	Visual	Observar el movimiento uniforme del cabezal de la máquina a lo largo de su trayectoria, sin ceder al peso.	Con/Sin Bloqueo	Con Bloqueo		
2	Ajuste del plato porta-herramientas	Visual, Escuadra de Precisión	Observar el ajuste correcto del plato en el cabezal y su giro uniforme y perpendicular a lo largo de la operación.	Perpendicular Si/No	Si		
3	Sistema de refrigeración	Visual, Cronómetro, Recipiente Graduado	Observar la refrigeración continua y constante en el transcurso del maquinado.	Ok/No Ok	Ok		
4	Desplazamiento de la mesa	Visual	Observar el desplazamiento homogéneo de la mesa de operación con o sin pieza de maquinado.	Ok/No Ok	Ok		

PRUEBAS DIMENSIONALES
DESCRIPCIÓN : VERIFICACIÓN Y MEDICIÓN DE DIMENSIONES

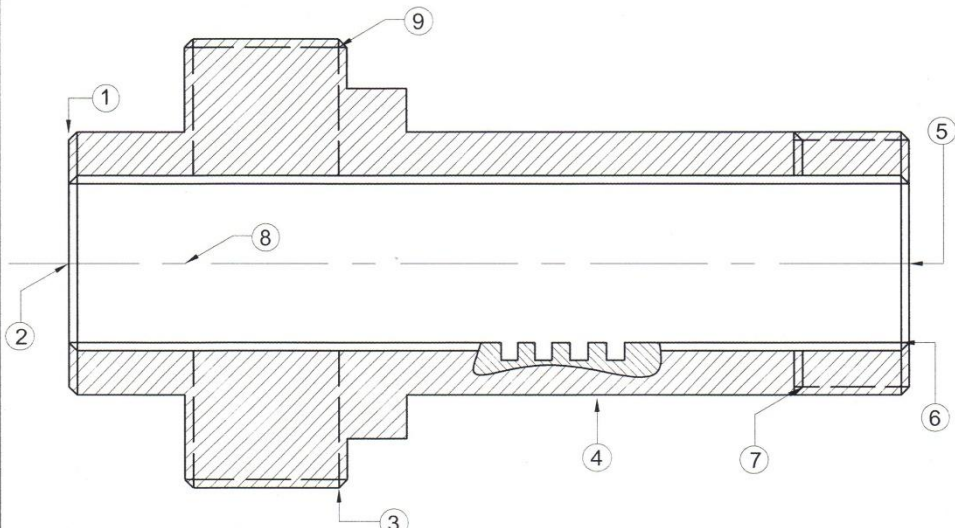

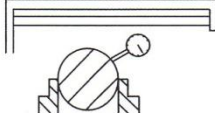
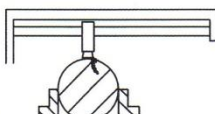
ITEM	ESPECIFICACIÓN	INSTRUMENTO DE VERIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	RANGO DE LA MEDICIÓN	VALORES		APROBADO
					REAL	OBTENIDO	
1	Diámetro del eje principal	Calibrador	Medición de distancias	$\pm 0.25\text{mm}$	$\varnothing 30\text{mm}$		
2	Paso eje principal	Calibrador	Medición de distancias	$\pm 0.25\text{mm}$	6mm		
3	Diámetro de la tuerca	Calibrador	Medición de distancias	$\pm 0.25\text{mm}$	$\varnothing 74\text{mm}$		
4	Rosca helicoidal	Calibrador	Medición de distancias	$\pm 0.25\text{mm}$	45mm		
5	Plato porta-herramientas	Calibrador	Medición de distancias	$\pm 0.50\text{mm}$	350mm		
6	Acople plato porta-herramientas	Calibrador	Medición de distancias	$\pm 0.25\text{mm}$	$\varnothing 72\text{mm}$		
7	Sistema de refrigeración	Cronómetro, Probeta	Medición de Caudal	$< 12\text{ls/seg}$	12ls/seg		

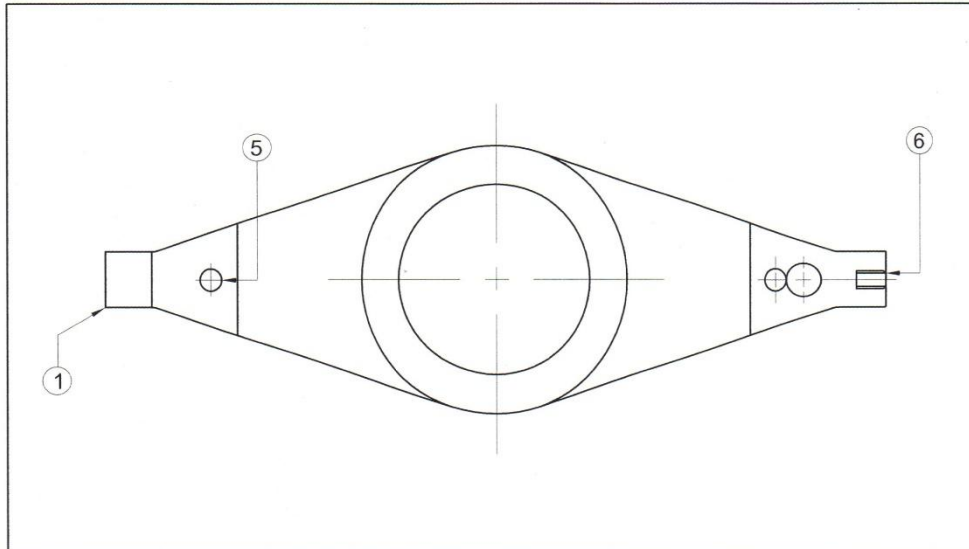
Para estas especificaciones se revisarán los planos generales.


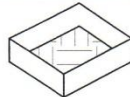
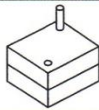
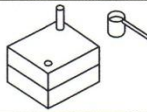
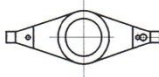
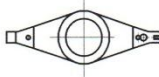
							
FASE	DENOMINACION-OPERACIONES	ESQUEMA	Util. y Herr.	Vc m min	S mm vuel	rpm	t(s)
1	Montar el eje de manera segura en el torno y revisar que el mismo quede correctamente centrado.		Reloj Palpador Broca de Cent. Punto Giratorio Calibrador Llaves				3600
2	Refrentar las caras del eje de manera que queden correctamente perpendiculares al eje de giro.		Cuchilla Calibrador Escuadra	24	0.8	350	3600
3	Cilindrar todo el eje con la ayuda del punto giratorio, hasta obtener el diámetro requerido.		Cuchilla Calibrador Punto Giratorio	32	0.4	450	7200
4	Cilindrar los extremos del eje con la ayuda del punto giratorio, hasta obtener el diámetro requerido.		Cuchilla Calibrador Punto Giratorio	32	0.4	450	7200
5	Perforar segun la medida del plano en ambos extremos.		Cuchilla de Tro. Calibrador Punto Giratorio	7	2.0	350	3600
6	Tallar la rosca en ambos extremos, con la herramienta indicada, procurando utilizar todas las herramientas necesarias.		Cuchilla Calibrador Punto Giratorio Aceite de Cort. Machuelos Gira machos	8	0.7	300	7200
Tratamiento Térmico		N.A.		Material: AISI 4140		Dim. Brutas	
Recubrimiento		N.A.				Ø35x815	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		UPS	Dib:	Diego Pazmiño		11-06-20	
			Dis:	David Buñay		11-06-20	
			Aprob:	Ing. Milton Jami		11-06-20	
Tema: " Eje Principal "		Escala: N.A.	Código: Fase de Trabajo 1		Plano 10.489.648.01.0		

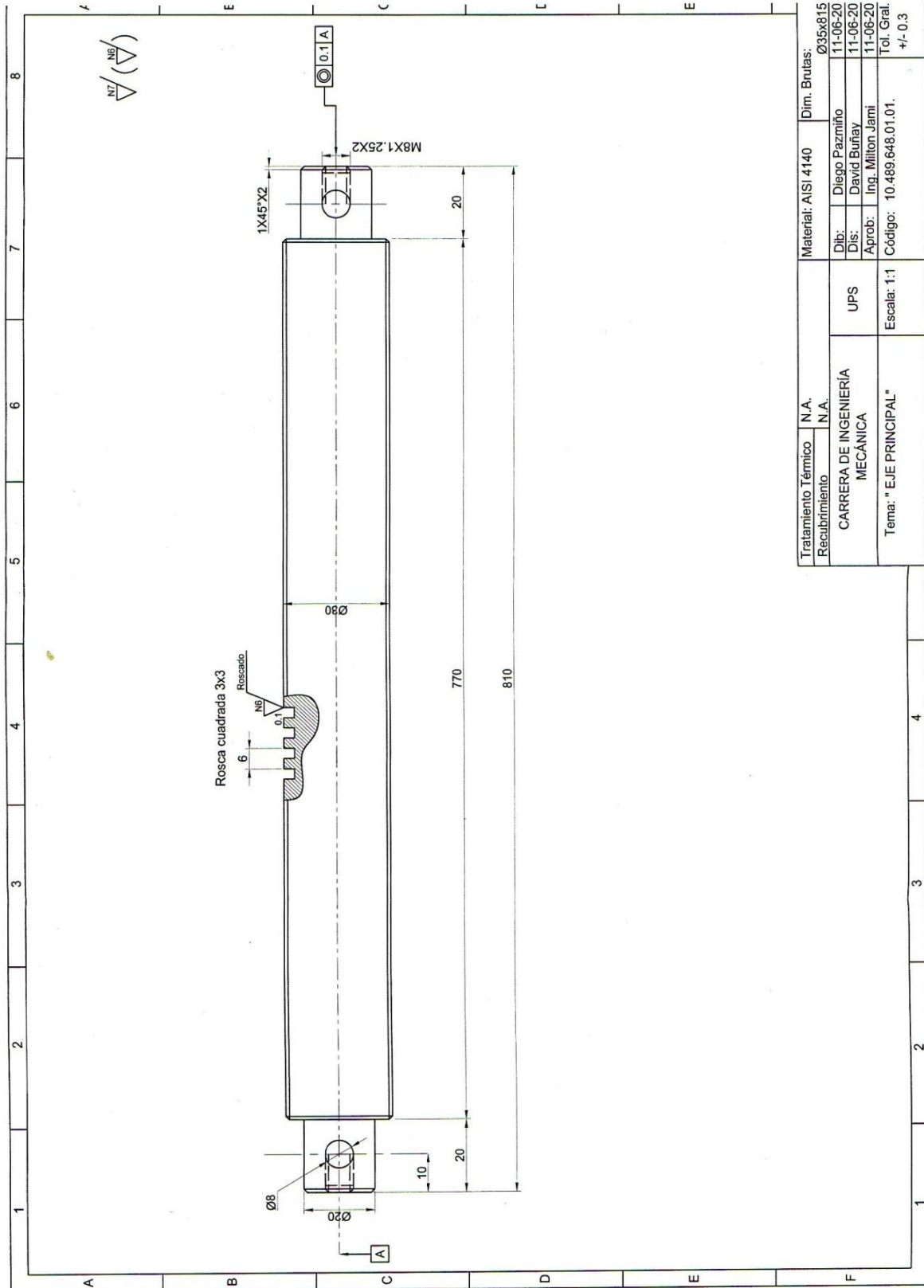
FASE	DENOMINACION-OPERACIONES	ESQUEMA	Util. y Herr.	Vc m min	S mm vuel	rpm	t(s)
7	Perforar los extremos del eje por donde pasaran los pasadores que lo sujetan.		Broca Calibrador Taladrina Antiparras	30	0.20	300	3600
8	Montar nuevamente el eje de manera segura en el torno y revisar que el mismo quede correctamente centrado.		Reloj Palpador Broca de Cent. Punto Giratorio Calibrador Llaves				3600
9	Roscar todo el largo del eje con rosca cuadrada de 3x3 según medida del plano.		Cuchilla Calibrador Taladrina Antiparras	30	0.20	300	3600
Tratamiento Térmico		N.A.	Material: AISI 4140		Dim. Brutas Ø35x815		
Recubrimiento		N.A.					
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		UPS	Dib:	Diego Pazmiño			11-06-20
			Dis:	David Buñay			11-06-20
			Aprob:	Ing. Milton Jami			11-06-20
Tema: " Eje Principal "		Escala: N.A.	Código: Fase de Trabajo 1				Plano 10.489.648.01.01

FASE	DENOMINACION-OPERACIONES	ESQUEMA	Util. y Herr.	Vc m min	S mm vuel	rpm	t(s)
1	Montar el eje de manera segura en el torno y revisar que el mismo quede correctamente centrado.		Reloj Palpador Broca de Cent. Punto Giratorio Calibrador Llaves				3600
2	Refrentar las caras del eje de manera que queden correctamente perpendiculares al eje de giro.		Cuchilla Calibrador Escuadra	24	0.8	350	3600
3	Cilindrar toda la pieza con la ayuda del punto giratorio, hasta obtener el diámetro mayor requerido.		Cuchilla Calibrador Punto Giratorio	32	0.4	450	7200
4	Cilindrar las diferentes partes de la pieza con sus respectivos diámetros, con la ayuda del punto giratorio.		Cuchilla Calibrador Punto Giratorio	32	0.4	450	7200
5	Perforar toda la pieza con diferentes brocas y cuchilla hasta obtener el diámetro requerido.		Cuchilla de Tro. brocas Calibrador Punto Giratorio	7	2.0	350	3600
6	Tallar la rosca con la herramienta indicada (cuchilla), procurando que no se rompa.		Cuchilla Calibrador Punto Giratorio Aceite de Cort.	8	0.7	300	7200
Tratamiento Térmico		N.A.	Mat: Bronce SAE 64		Dim. Brutas Ø80x145		
Recubrimiento		N.A.					
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		UPS	Dib:	Diego Pazmiño		11-06-20	
			Dis:	David Buñay		11-06-20	
			Aprob:	Ing. Milton Jami		11-06-20	
Tema: " Tuerca "		Escala: N.A.	Código: Fase de Trabajo 2				Plano 10.489.648.01.01

							
FASE	DENOMINACION-OPERACIONES	ESQUEMA	Util. y Herr.	Vc m min	S mm vuel	rpm	t(s)
7	Tallar la rosca externa en el extremo requerido y segun la medida del plano.		Broca Calibrador Taladrina Antiparras	30	0.20	300	3600
8	Montar la pieza en la fresadora de una manera correcta, segura y la centramos correctamente.		Reloj Palpador Broca de Cent. Fresa Helico. Mandril Girat. Calibrador Llaves				3600
9	Realizar la rueda helicoidal en el diámetro mayor de la pieza.		Reloj Palpador Fresa Helico. Mandril Girat. Calibrador Llaves	15		280	10800
Tratamiento Térmico		N.A.	Mat: Bronce SAE 64		Dim. Brutas Ø80x145		
Recubrimiento		N.A.					
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		UPS	Dib:	Diego Pazmiño		11-06-20	
			Dis:	David Buñay		11-06-20	
			Aprob:	Ing. Milton Jami		11-06-20	
Tema: " Tuerca "		Escala: N.A.	Código: Fase de Trabajo 2			Plano 10.489.648.01.01	



FASE	DENOMINACION-OPERACIONES	ESQUEMA	Util. y Herr.	Vc m min	S mm vuel	rpm	t(s)
1	Diseñar el molde de acuerdo a las características del Plato Porta-Herramientas.		Planos Madera				3600
2	Preparar la arena, para acojer el molde de colado.		Arena Bentonita Guantes				3600
3	Colocar el asiento del molde y se realiza la compactación de la arena con sus respectivas entradas.		Barra Guantes				3600
4	Realizar el colado del metal fundido y se extrae la pieza, retirando las partes innecesarias.		Hierro Gris Guantes Antiparras				3600
5	Mecanizar las perforaciones adicionales a través de un taladro de pedestal.		Broca Escuadra Aceite de Cort. Calibrador	22	0.30	280	3600
6	Tallar la rosca para el ajuste del útil cortante en el Plato Porta-Herramientas.		Machuelo Bandeador Calibrador Taladrina Antiparras				3600
Tratamiento Térmico		N.A.		Material: F. Clase 40		Dim. Brutas	
Recubrimiento		N.A.				360x125	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		UPS	Dib:	Diego Pazmiño		11-06-20	
			Dis:	David Buñay		11-06-20	
			Aprob:	Ing. Milton Jami		11-06-20	
Tema: " Plato Porta Herramientas"		Escala: N.A.	Código: Fase de Trabajo 3			Plano 10.489.648.01.03	



Tratamiento Térmico	N.A.	Material: AISI 4140	Dim. Brutas:
Recubrimiento	N.A.		035x815
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		UPS	Dib: Diego Pazmiño
Tema: "EJE PRINCIPAL"		Escala: 1:1	Dis: David Buñay
			Aprob: Ing. Milton Jami
			Tol. Gral. +/- 0.3

